

## Lembar Pengesahan

Judul Topik Penelitian Insentif Riset SINas Tahun 2012:

**Pengembangan Metode Reklamasi Terpadu pada Lahan Pasca Tambang Emas untuk Budidaya Tanaman Perkebunan di Kalimantan Tengah**

Bidang Prioritas Iptek (pengusul wajib memilih yang sesuai):

- (1). Teknologi Pangan  
 2. Teknologi Kesehatan dan Obat  
 3. Teknologi Energi  
 4. Teknologi Transportasi  
 5. Teknologi Informasi dan Komunikasi  
 6. Teknologi Pertahanan dan Keamanan  
 7. Teknologi Material

Lokasi Penelitian: Lahan Pasca Tambang Emas di Kalimantan Tengah

Keterangan Lembaga Pelaksana/Pengelola Penelitian	
<b>A. Lembaga Pelaksana Penelitian</b>	
Nama Peneliti Utama	Dr. Liswara Neneng, M.Si.
Nama Lembaga/Institusi	Universitas Palangka Raya
Unit Organisasi	Lembaga Penelitian
Alamat	Kampus Unpar, Tunjung Nyaho, Palangka Raya
Telepon/Faksimil	05363223322
HP/e-mail	085252763573/ liswara.neneng@yahoo.com
<b>B. Anggota Konsorsium</b>	
Nama Pimpinan Lembaga	Dr. Ir. M. Saleh Mokhtar, MP.
Nama Lembaga	Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP)
Alamat	Jl. G. Obos Palangka Raya
Telepon/HP/Faksimil/e-mail	05363329662

### Rekapitulasi Biaya

No.	Uraian	Jumlah (Rp)		
		Tahun I	Tahun II	Tahun III
1.	Gaji dan Upah	30.000.000,-	115.200.000,-	115.200.000,-
2.	Bahan Habis Pakai	62.230.950,-	62.230.750,-	65.930.750,-
3.	Perjalanan	96.000.000,-	96.000.000,-	84.000.000,-
4.	Lain-Lain	11.769.050,-	105.490.000,-	179.490.000,-
	<b>Jumlah biaya tahun yang diusulkan</b>	<b>200.000.000,-</b>	<b>380.420.750,-</b>	<b>444.620.750,-</b>



Kepala  
Unit Penelitian

Prof. Dr. I Nyoman Sudyana, M.Sc.  
 NIP. 196202181997031002



Setuju diusulkan:  
 Ketua BPTP  
 Propinsi Kalteng,  
 Kalimantan Tengah

Dr. Ir. M. Saleh Mokhtar, MP.  
 NIP. 196607071991031001

Peneliti  
Utama,

*[Signature]*

Dr. Liswara Neneng, M.Si.  
 NIP. 196801281994032002

## PROPOSAL BIAYA

### I. REKAPITULASI BIAYA *In-Cash* :

URAIAN program RISET	SUMBER DANA	
	APBN	MITRA INDUSTRI
Gaji dan Upah	Rp.30.000.000,-	-
Bahan Habis Pakai	Rp.62.230.950,-	-
Perjalanan	Rp.96.000.000,-	-
Lain-lain	Rp.11.769.050,-	-
<b>JUMLAH</b>	<b>Rp.200.000.000,-</b>	<b>-</b>

### II. REKAPITULASI BIAYA *In-Kind* :

URAIAN program RISET	JENIS <i>In-kind</i>	ALOKASI WAKTU PEMANFAATAN & NILAI EKONOMIS (ekuivalen dalam ribuan rupiah)	KETERANGAN (lokasi, kondisi, dll)
		Tahun 2012	
BPTP	Staff	50.000.000,-	Perjalanan dan honorarium BPTP
<b>JUMLAH</b>		<b>50.000.000,-</b>	

Palangka Raya, 10 Januari 2012

Diusulkan Oleh,



Dr. LISWARA NENENG, M.Si  
NIP196801281994032002

MENGETAHUI,

Rektor Universitas Palangka Raya



## ABSTRAK

Luas lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah mencapai ribuan hektar. Sebagian besar lahan tidak produktif, karena didominasi tanah berpasir, miskin hara, kemasaman tanah rata-rata pH 5, dan sebagian lahan mengandung merkuri rata-rata 2,4 – 4,17 ppm. Penelitian ini bertujuan untuk memperbaiki kondisi fisik, kimiawi, dan biologis tanah pada lahan pasca tambang emas, untuk dijadikan sebagai lahan perkebunan, menggunakan metode reklamasi terpadu. Metode penelitian ini terdiri dari kegiatan survey, eksperimen pada skala laboratorium, dan uji lapang. Metode survey dilakukan pada lokasi-lokasi pasca tambang emas di 6 lokasi dari 3 kabupaten di Kalimantan Tengah. Metode reklamasi terpadu merupakan penggabungan proses: 1) bioremediasi dan fitoremediasi, 2) biofertilisasi (amelioran), 3) penambahan bahan organik, 4) revegetasi dengan tanaman penutup (cover crop), dan 5) Tahun ke II dan III: revegetasi dengan tanaman perkebunan. Parameter keberhasilan penelitian, meliputi: 1) perbaikan struktur dan tekstur tanah, 2) peningkatan unsur hara tanah, 3) penurunan kadar Hg tanah, 4) peningkatan populasi biotik tanah, dan 5) kesuburan tanaman penutup. Pengukuran kadar Hg dan unsur hara tanah, menggunakan metode spektrofotometri. Prosedur analisis tanah menggunakan metode dari Balai Penelitian Tanah (2005), pengukuran kadar Hg menggunakan AAS yang didasarkan pada prosedur dalam APHA (1988), pengukuran populasi biotik dan mikroorganisme tanah, menggunakan metode pengamatan ekologis dan perhitungan lempeng total mikrobiologis. Analisis data dilakukan secara deskriptif kualitatif, dan kuantitatif. Hasil penelitian tahun I, memperlihatkan komposisi fisik tanah di areal pasca penambangan emas pada 6 lokasi pengamatan didominasi rata-rata 97% pasir, 2% debu, dan 1% liat. Kadar Hg tanah rata-rata 2,44 ppm, kandungan bahan organik tanah sangat rendah < 20%. Jumlah vegetasi sangat sedikit, hanya ada 8 jenis yang dapat tumbuh pasca penambangan emas, yang terdiri dari jenis *Melastoma* sp., *Cyperus* sp (3 jenis), *Allium* sp., *Gleichenia* sp., *Nephentes* sp., dan *Lycopodium* sp. Jenis tumbuhan yang cukup dominan ditemui di 6 lokasi pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, adalah *Melastoma* sp., *Cyperus* sp., dan *Gleichenia* sp. Metode reklamasi terpadu telah memperbaiki kondisi tanah lahan pasca tambang emas, dari aspek fisik berupa: perubahan komposisi tekstur tanah menjadi 93% pasir, 5% debu, dan 2,5% liat, peningkatan unsur hara tanah sebesar rata-rata 82%, dan terjadi peningkatan kesuburan tanaman penutup sebesar 5 kali lipat dibandingkan kontrol. Formula reklamasi terpadu yang memberikan hasil terbaik pada aspek fisik, kimiawi, dan biologis tanah pada lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, adalah: penggabungan antara perlakuan 1) bioremediasi dan fitoremediasi, 2) bokashi, 3) seresah, dan 4) tanaman penutup *Colopogonium* sp.

**Kata Kunci:** Reklamasi terpadu , bioremediasi, biofertilisasi, revegetasi

## KATA PENGANTAR

Puji syukur dipanjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, atas pertolonganNya laporan akhir Insentif Riset Sinas yang berjudul: Pengembangan Metode Reklamasi Terpadu pada Lahan Pasca Tambang Emas untuk Budidaya Tanaman Perkebunan di Kalimantan Tengah, ini dapat diselesaikan dengan baik.

Laporan akhir penelitian insentif riset SiNas ini berisi hasil-hasil penelitian yang telah dilakukan sejak bulan Februari 2012 hingga Oktober 2012, yang meliputi:

- 1) Analisis tingkat kerusakan lahan pasca penambangan emas yang ada di wilayah Kalimantan Tengah (diwakili oleh 6 lokasi pasca penambangan emas, yang berada di tiga Kabupaten di Kalimantan Tengah);
- 2) Pembuatan peta lokasi pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah;
- 3) Laporan aspek kondisi fisik dan biologis di areal pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah.

Analisis tingkat kerusakan lahan ini penting dilakukan, dalam rangka kegiatan reklamasi lahan di areal pasca penambangan emas. Berdasarkan hasil analisis ini, akan ditentukan bentuk-bentuk perlakuan yang sesuai untuk mengembalikan fungsi lahan agar menjadi lebih produktif.

Diharapkan laporan yang dibuat ini, bermanfaat untuk pengembangan reklamasi lahan kritis di Kalimantan Tengah.

Palangka Raya, Nopember 2012

Tim Peneliti

## DAFTAR ISI

	Halaman
Lembar pengesahan.....	1
Ringkasan / Abstrak.....	3
Kata Pengantar.....	4
Daftar Isi.....	5
Daftar Gambar.....	7
Daftar Tabel.....	9
Daftar Lampiran.....	10
BAB 1 PENDAHULUAN .....	11
1.1 Latar Belakang.....	11
1.2 Prospek.....	14
a. Status Teknologi.....	14
b. Leverage Kegiatan Riset yang Ditawarkan .....	15
1.3 Keluaran yang Diharapkan .....	15
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	17
2.1 Reklamasi.....	17
2.2 Bioremediasi Tanah Tercemar.....	19
2.3 Cover Crop.....	20
BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT .....	22
3.1 Tujuan dan Sasaran.....	22
3.2 Manfaat Ekonomi.....	23
BAB 4. METODE.....	24
4.1 Kelayakan Teknis dan Metode.....	24
4.2 Tahapan Kegiatan Penelitian.....	26
4.3 Ketersediaan sumber daya manusia (personil pelaksana, <i>track record</i> individu dan tim) dan sarana prasarana pendukung kegiatan riset.....	27
4.4 Uraian kegiatan, Pelaksana dan Indikator Pelaksana.....	29
4.5 Sarana dan Prasarana Pendukung Kegiatan Riset.....	30

BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	
5.1 Karakteristik Tingkat Kerusakan Pada Lahan Pasca Tambang Emas Di Kalimantan Tengah.....	31
5.1.1 Kerusakan Pada Aspek Fisik Tanah .....	31
5.1.2 Kondisi Aspek Biologi Lahan Pasca Tambang Emas di Kalimantan Tengah .....	37
5.1.2.1 Deskripsi Vegetasi yang Tumbuh Pada Areal Pasca Penambangan Emas .....	37
5.1.2.2 Distribusi Vegetasi Tumbuhan Pada Areal Pasca Penambangan Emas Di Kalimantan Tengah .....	41
5.1.3 Kondisi Aspek Kimiawi Lahan Pasca Penambangan Emas Di Kalimantan Tengah.....	44
5.2 Perbaiki Kondisi Tanah Akibat Perlakuan Reklamasi Terpadu .....	48
5.2.1 Perbaiki Kondisi Fisik Tanah .....	48
5.2.2 Perbaiki Kondisi Kimiawi Tanah Unsur Hara Tanah .....	49
5.2.3 Perbaiki Kondisi Biologis Tanah Data Tanaman Penutup.....	62
5.3 Rekomendasi Teknologi Reklamasi Terpadu yang Efektif untuk Lahan Pasca Penambangan Emas.....	63
BAB 6 Kesimpulan dan Saran.....	65
Daftar Pustaka.....	67

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1      Kondisi Fisik Lahan Lokasi Sepang Simin .....	31
Gambar 2      Kondisi Fisik Lahan Lokasi Kampuri .....	31
Gambar 3      Kondisi Fisik Lahan Lokasi Tanjung Riu .....	32
Gambar 4      Kondisi Fisik Lahan Lokasi Takaras .....	32
Gambar 5      Kondisi Fisik Lahan Lokasi Sapundu .....	32
Gambar 6      Kondisi Fisik Lahan Lokasi Hampalit .....	32
Gambar 7      Grafik Hasil Analisa Permeabilitas Tanah di Areal Pasca Tambang Emas .....	33
Gambar 8      Grafik Hasil Analisa Ruang Pori Total Pada Tanah di Areal Pasca Tambang Emas .....	34
Gambar 9      Grafik Hasil Analisa Pori Drainase Pada Tanah di Areal Pasca Tambang Emas .....	34
Gambar 10     Grafik Hasil Analisa Air yang Tersedia Pada Tanah di Areal Pasca Tambang Emas .....	35
Gambar 11     Grafik Hasil Analisa Kadar Air Pada Tanah di Areal Pasca Tambang Emas .....	35
Gambar 12     Grafik Hasil Analisa BD di Areal Pasca Tambang .....	36
Gambar 13     Grafik Hasil Analisa Kadar Air Pada Tanah di Areal Pasca Tambang .....	36
Gambar 14     Grafik Distribusi Vegetasi Di Areal Pasca Penambangan Emas	42
Gambar 15     Grafik Hasil Analisa Kadar Merkuri (Hg) di Areal Pasca Tambang .....	44
Gambar 16     Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur C Pada Tanah di Areal Pasca Tambang .....	45
Gambar 17     Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur N Pada Tanah di Areal Pasca Tambang .....	45
Gambar 18     Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur C/N Pada Tanah di Areal Pasca Tambang .....	46

Gambar 19	Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur $P_2O_5$ Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang .....	46
Gambar 20	Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur $K_2O$ Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang .....	47
Gambar 21	Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur Ca Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang .....	47
Gambar 22	Grafik Hasil Analisis Tekstur Tanah Pada Areal Pasca Penambangan Emas .....	48
Gambar 23	Grafik Hasil Analisis Kadar Merkuri (Hg) Pada Areal Pasca Penambangan Emas .....	49
Gambar 24	Grafik Hasil Analisis PH Pada Areal Pasca Penambangan Emas .....	52
Gambar 25	Grafik Hasil Analisis Kadar C Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	53
Gambar 26	Grafik Hasil Analisis Kadar N Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	54
Gambar 27	Grafik Hasil Analisis Kadar C/N Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	55
Gambar 28	Grafik Hasil Analisis Kadar $P_2O_5$ Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	56
Gambar 29	Grafik Hasil Analisis Kadar $K_2O$ Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	57
Gambar 30	Grafik Hasil Analisis Kadar Ca Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	58
Gambar 31	Grafik Hasil Analisis Kadar Mg Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	59
Gambar 32	Grafik Hasil Analisis Kadar K Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	60
Gambar 33	Grafik Hasil Analisis Kadar Na Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	61



Gambar 34	Grafik Hasil Analisis Kadar KTK Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas .....	62
Gambar 35	Grafik Rata-rata Pertumbuhan Tanaman <i>Arachis</i> sp.	62
Gambar 36	Rata-rata Pertumbuhan Tanaman <i>Colopogonium</i> sp.	63

## DAFTAR TABEL

	<b>Halaman</b>
Tabel 1    Deskripsi Vegetasi yang Tumbuh pada Areal Pasca Penambangan Emas.....	<b>37</b>

## DAFTAR LAMPIRAN

		Halaman
Lampiran 1	Personil Pelaksana Kegiatan Riset.....	70
Lampiran 2	Jadwal Kegiatan Tahun 1.....	71
Lampiran 3	Profil Mitra Lembaga / Anggota Konsorsium.....	72
Lampiran 4	Peta Pengambilan Sampel.....	73
Lampiran 5	Dokumentasi Kegiatan Penelitian.....	76
Lampiran 6	Data Mentah .....	83

## **BAB I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah tersebar pada 8 Kabupaten, di Kalimantan Tengah, yakni kabupaten Kapuas, Kotawaringin Barat, Kotawaringin Timur, Barito Utara, Barito Selatan, Katingan, Gunung Mas, dan Murung Raya. Luas areal lahan ini mencapai 112.834 hektar (Dinas Pertambangan dan Energi Prop.Kalteng, 2002). Karakteristik lahan ditandai dengan tanah berpasir, lapisan top soil hampir tidak ada, vegetasi dan unsur hara sangat minim, keasaman tanah tinggi, masih mengandung Hg rata-rata sebesar 2,4 – 4,17 ppm. Hingga saat ini kebanyakan lahan pasca tambang emas menjadi lahan tidur, yang sangat tidak produktif, karena tidak banyak jenis tumbuhan yang mampu hidup di atasnya. Jenis vegetasi yang mampu hidup pada lahan pasca tambang di Kalimantan Tengah ini adalah didominasi oleh jenis gulma, yang terdiri dari rumput-rumputan, paku-pakuan, hingga perdu (Neneng, 2009).

Masalah utama yang timbul pada wilayah bekas tambang adalah perubahan lingkungan. Perubahan kimiawi terutama berdampak terhadap air tanah dan air permukaan, berlanjut secara fisik perubahan morfologi dan topografi lahan. Lebih jauh lagi adalah perubahan iklim mikro yang disebabkan perubahan kecepatan angin, gangguan habitat biologi berupa flora dan fauna, serta penurunan produktivitas tanah dengan akibat menjadi tandus atau gundul. Mengacu kepada perubahan tersebut perlu dilakukan upaya reklamasi. Selain bertujuan untuk mencegah erosi atau mengurangi kecepatan aliran air limpasan, reklamasi dilakukan untuk menjaga lahan agar tidak labil dan lebih produktif. Akhirnya reklamasi diharapkan dapat menghasilkan nilai tambah bagi lingkungan dan menciptakan keadaan yang jauh lebih baik dibandingkan dengan keadaan sebelumnya.

Upaya perbaikan lahan kritis pasca tambang emas di Kalimantan Tengah sangat dibutuhkan karena: lahan pasca tambang emas masih menyimpan potensi untuk menjadi sumber pencemaran logam berat berbahaya (Hg). Reklamasi secara alami tidak dapat terjadi secara mudah, karena tingkat kerusakan akibat kegiatan penambangan emas, menyebabkan hilang dan berkurangnya lapisan topsoil tanah. Lahan tidak produktif yang terbentuk pasca penambangan emas, sangat

merugikan bagi lingkungan dan masyarakat setempat. Jika perbaikan kondisi lahan pasca tambang emas berhasil dilakukan, maka akan ada ribuan hektar lahan di Kalimantan Tengah yang dapat dipulihkan menjadi lahan yang lebih produktif.

Upaya reklamasi yang telah dilakukan selama ini, menggunakan metode revegetasi, bioremediasi dan fitoremediasi. Aplikasi metode revegetasi saja belum cukup optimal, karena tanaman tidak dapat tumbuh subur pada lahan pasca tambang emas. Reklamasi lahan dengan metode bioremediasi, telah berhasil menurunkan kadar Hg pada tanah pada lahan pasca tambang emas, sebesar rata-rata 2,5 ppm (Neneng, 2011). Bioremediasi merkuri menggunakan bakteri sangat potensial, karena bakteri berperan utama dalam siklus global merkuri di lingkungan alami (Nascimento & Souza, 2003). Bakteri menggunakan mekanisme intrasel untuk proses detoksifikasi merkuri, dengan cara mereduksi  $Hg^{2+}$  menjadi  $Hg^0$  yang tidak toksik, oleh sekelompok enzim merkuri reduktase yang tergabung dalam operon *mer*.  $Hg^0$  yang terbentuk kemudian berdifusi keluar dari dalam sel (Wagner-Döbler, 2003). Bioremediasi banyak menggunakan bakteri indigenus, meskipun ada juga yang menggunakan strain bakteri atau fungi dari luar (Mellor *et al.*, 1996). Hasil reklamasi menggunakan metode ini masih kurang mampu meningkatkan unsur hara tanah, yang berpengaruh pada masih rendahnya tingkat kesuburan tanah.

Teknik reklamasi terpadu yang diajukan dalam kegiatan penelitian ini belum pernah diuji coba sebelumnya. Kebaruan teknik ini ditinjau dari jenis mikrobial dan kombinasinya dengan biofertiliser, bahan organik, tanaman penutup dan tanaman budidaya yang digunakan. Penggunaan metode perbaikan lahan kritis secara fisik, kimiawi, dan biologis secara simultan belum banyak dilaporkan sebelumnya. Diharapkan penerapan beberapa metode pada waktu yang bersamaan, akan menimbulkan sinergisme antar komponen yang dikombinasikan, sehingga proses perbaikan tanah lahan pasca tambang emas menjadi lebih optimal.

Reklamasi terpadu merupakan teknik reklamasi yang memadukan beberapa metode secara bersamaan, yang meliputi metode: 1) bioremediasi dan fitoremediasi, 2) biofertilisasi (amelioran), 3) penambahan bahan organik, 4) revegetasi dengan tanaman penutup (*cover crop*), dan 5) revegetasi dengan tanaman perkebunan. Pada teknik reklamasi terpadu ini, dilakukan upaya reklamasi menggunakan lima metode tersebut

secara bersamaan. Bioremediasi merupakan teknik untuk melakukan dekontaminasi senyawa toksik, terutama kandungan Hg (merkuri) dari dalam tanah. Bioremediasi dilakukan menggunakan konsorsium dua jenis mikroorganisme, yakni: *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. yang telah diketahui potensinya untuk menurunkan kadar merkuri di lingkungan (Neneng, 2007). Metode lain yang diuji coba dalam penelitian ini adalah menggunakan tumbuhan fitoremediator merkuri yang telah diketahui mampu menurunkan tingkat pencemaran Hg di tanah, yakni dari jenis *Melastoma* sp. (Neneng, 2009).

Biofertilisasi dilakukan dengan cara uji coba beberapa jenis pupuk dengan metode 1) bokashi, 2) air limbah pengolahan kelapa sawit (LPKS), 3) limbah air kelapa. Jenis pupuk yang diberikan diutamakan berasal dari bahan limbah organik yang murah dan mudah diperoleh seperti limbah air kelapa, limbah pengolahan kelapa sawit, dan limbah sayur yang telah dikomposkan. Seresah yang diuji coba berasal dari tiga jenis tumbuhan, yang diberikan dengan takaran dan perlakuan yang berbeda. Penambahan bahan organik, yang diberikan berupa penambahan: 1) biochart, 2) seresah.

Revegetasi yang dilakukan terdiri dari dua kegiatan, yakni: penanaman tumbuhan penutup, dan penanaman tumbuhan budidaya. Tumbuhan penutup yang dipilih, berasal dari jenis *Calopogonium mucunoides*, dan *Arachis* sp., yang diketahui adaptif di lingkungan panas, berpasir, dan miskin unsur hara. Tumbuhan budidaya yang dipilih merupakan tanaman perkebunan yang banyak dibudidayakan di Kalimantan Tengah, antara lain dari jenis: karet, kelapa sawit, jambu mete, dan jarak. Tumbuhan budidaya yang dipilih bukan merupakan tanaman pertanian yang bisa dikonsumsi oleh manusia, karena untuk menghindari adanya sisa kontaminan yang kurang aman jika dikonsumsi manusia.

## **1.2. Prospek**

### **a) Status Teknologi**

Saat ini trend penelitian terkait reklamasi lahan kritis banyak menggunakan metode biologis, terutama dengan memanfaatkan potensi mikroorganisme, untuk proses pengayaan unsur hara tanah. Potensi biologis yang lain, menggunakan

berbagai jenis tumbuhan untuk revegetasi. Aspek penelitian yang belum banyak digali adalah terkait potensi sinergisme antara berbagai komponen yang ditambahkan pada lahan yang direklamasi, yang meliputi penambahan komponen mikroorganisme, bahan-bahan organik dan vegetasi tumbuhan yang digunakan.

Kegiatan riset yang telah dilakukan terkait bioremediasi hingga saat ini masih dalam fase pengembangan uji coba di skala laboratorium. Hasil penelitian menggunakan konsorsium isolat *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. Hasil penelitian (Neneng, 2007-2009), telah menemukan 2 jenis bakteri dari golongan Gram negatif, yang potensial untuk mengurangi tingkat pencemaran merkuri (Hg) di media cair. Kemampuan kedua isolat ini berkisar antara 15 - 25 ppm.

Selanjutnya hasil eksplorasi terhadap jenis tumbuhan yang potensial untuk fitoremediasi merkuri juga telah ditemukan sebanyak 21 Jenis, dari 8 lokasi areal pasca penambangan emas di 3 Kabupaten di Kalimantan Tengah. Tumbuh-tumbuhan yang ditemukan sebanyak 52,38% dari jenis rumput, 23,81% dari jenis perdu, 14,29% dari jenis pohon, dan 9,52% dari jenis paku-pakuan. Jenis tumbuhan yang memiliki kemampuan paling tinggi untuk mengakumulasi merkuri adalah dari jenis rumput sampahiring (*Cyperus* Sp.), yakni sebesar 5,14 ppm (Neneng, 2009).

Pada tahun 2010-2011 dilakukan ujicoba aplikasi gabungan antara konsorsium mikroorganisme dengan tumbuhan potensial. Hasil penelitian ini memperlihatkan konsorsium mikroorganisme dipadukan dengan tumbuhan fitoremediator merkuri dari jenis karamunting (*Melastoma* sp), lebih mampu memperbaiki kondisi tanah pada lahan pasca penambangan emas dibandingkan dengan tumbuhan sampahiring (*Cyperus* sp.)(Neneng, 2011).

Penelitian yang diajukan saat ini, merupakan perpaduan bioremediasi, fitoremediasi, yang diperkaya dengan biofertilisasi, pengayaan bahan organik, dan revegetasi menggunakan tanaman penutup dan tanaman budidaya. Pengembangan penelitian ini ke depan adalah membentuk formulasi senyawa multiguna yang terdiri dari komposisi mikroorganisme untuk dekontaminasi Hg, biofertiliser, dan bahan alami, yang murah, mudah diperoleh, mudah diperbanyak, dan mudah diaplikasikan oleh masyarakat untuk mengembalikan fungsi lahan kritis menjadi lahan yang produktif.

Dengan terbentuknya formulasi senyawa multiguna ini diharapkan aplikasi reklamasi terpadu menjadi lebih mudah dilaksanakan.

#### **b) Leverage Kegiatan Riset yang Ditawarkan**

Kegiatan riset ini bermanfaat untuk mempercepat proses pemulihan lahan kritis pasca tambang emas yang banyak terdapat di wilayah Kalimantan Tengah. Proses percepatan ini dapat terjadi karena adanya: dekontaminasi bahan toksik, pengayaan mikroorganisme dan bahan-bahan organik yang dapat memicu pertambahan jumlah unsur hara tanah. Jumlah unsur hara tanah yang mencukupi akan mendukung tumbuhnya berbagai vegetasi tumbuhan di atasnya. Proses perbaikan kondisi tanah akan terjadi saat vegetasi bisa tumbuh dengan baik di atas tanah yang telah direklamasi. Keberhasilan reklamasi diindikasikan oleh kemampuan vegetasi untuk tumbuh pada lahan, jumlah unsur hara yang cukup untuk mendukung pertumbuhan, kondisi struktur dan tekstur tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman.

#### **1.3. Keluaran yang Diharapkan**

Hasil yang diharapkan pada penelitian tahun pertama adalah berupa:

- 1) Adanya peta lokasi lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah
- 2) Informasi karakteristik tingkat kerusakan pada lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah
- 3) Informasi lahan pasca tambang emas yang potensial direklamasi untuk dijadikan lahan perkebunan.

Data di atas diharapkan diperoleh pada 5 bulan penelitian tahun I.

Selanjutnya data tahun I yang diharapkan dicapai pada 5 bulan berikutnya adalah:

- 1) Informasi metode bioremediasi yang sesuai untuk lahan pasca tambang emas
- 2) Informasi metode biofertilisasi yang sesuai untuk lahan pasca tambang emas
- 3) Informasi jenis tanaman penutup yang sesuai untuk reklamasi lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah.



## BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Reklamasi

Reklamasi adalah kegiatan yang bertujuan memperbaiki atau menata kegunaan lahan yang terganggu sebagai akibat kegiatan usaha pertambangan, agar dapat berfungsi dan berdaya guna sesuai peruntukannya. Reklamasi merupakan kegiatan yang dilakukan untuk memperbaiki lahan pasca penambangan. Reklamasi adalah kegiatan pengelolaan tanah yang mencakup perbaikan kondisi fisik tanah overburden agar tidak terjadi longsor, pembuatan waduk untuk perbaikan kualitas air masam tambang yang beracun, yang kemudian dilanjutkan dengan kegiatan revegetasi. Revegetasi sendiri bertujuan untuk memulihkan kondisi fisik, kimia dan biologis tanah tersebut. Namun upaya perbaikan dengan cara ini masih dirasakan kurang efektif, hal ini karena tanaman secara umum kurang bisa beradaptasi dengan lingkungan ekstrim, termasuk bekas lahan tambang. Oleh karena itu aplikasi lain untuk memperbaiki lahan bekas tambang perlu dilakukan, salah satunya dengan mikroorganisme.

Perbaikan kondisi tanah meliputi perbaikan ruang tubuh, pemberian tanah pucuk dan bahan organik serta pemupukan dasar dan pemberian kapur. Kendala yang dijumpai dalam merestorasi lahan bekas tambang yaitu masalah fisik, kimia (*nutrients dan toxicity*), dan biologi. Masalah fisik tanah mencakup tekstur dan struktur tanah. Masalah kimia tanah berhubungan dengan reaksi tanah (pH), kekurangan unsur hara, dan mineral *toxicity*. Untuk mengatasi pH yang rendah dapat dilakukan dengan cara penambahan kapur. Sedangkan kendala biologi seperti tidak adanya penutupan vegetasi dan tidak adanya mikroorganisme potensial dapat diatasi dengan perbaikan kondisi tanah, pemilihan jenis pohon, dan pemanfaatan mikroriza.

Secara ekologi, spesies tanaman lokal dapat beradaptasi dengan iklim setempat tetapi tidak untuk kondisi tanah. Untuk itu diperlukan pemilihan spesies yang cocok dengan kondisi setempat, terutama untuk jenis-jenis yang cepat tumbuh, telah terbukti adaptif untuk tambang. Dengan dilakukannya penanaman minimal dapat mengubah iklim mikro pada lahan bekas tambang tersebut. Untuk menunjang keberhasilan dalam

merestorasi lahan bekas tambang, maka dilakukan langkah-langkah seperti perbaikan lahan pra-tanam, pemilihan spesies yang cocok, dan penggunaan pupuk.

Untuk mengevaluasi tingkat keberhasilan pertumbuhan tanaman pada lahan bekas tambang, dapat ditentukan dari persentasi daya tumbuhnya, persentasi penutupan tajuknya, pertumbuhannya, perkembangan akarnya, penambahan spesies pada lahan tersebut, peningkatan humus, pengurangan erosi, dan fungsi sebagai filter alam. Dengan cara tersebut, maka dapat diketahui sejauh mana tingkat keberhasilan yang dicapai dalam merestorasi lahan bekas tambang (Rahmawaty, 2002).

Upaya reklamasi umumnya dilakukan dengan spesies tanaman lokal ditambah dengan perlakuan pemberian kapur, pupuk dan bahan organik. Di beberapa lokasi bekas tambang lainnya, seringkali diperlukan penempatan top soil, penataan timbunan, dan teknik rancangan timbunan yang cukup mahal agar tumbuhan bisa tumbuh dengan baik (Johnson dan Skousen, 1995). Pemilihan jenis tanaman dalam rehabilitasi setidaknya memerlukan persyaratan sebagai berikut :

1. Tanaman harus bisa tumbuh cepat sehingga bisa menutup tanah alam waktu yang tidak lama
2. Mempunyai perakaran yang lebar dan atau dalam
3. Jika ditanam pada daerah yang sering turun hujan harus mempunyai sifat mudah menguapkan air
4. Sebaliknya untuk daerah yang kering, tanaman harus dipilih yang mempunyai sifat sulit menguapkan air
5. Tanaman harus bisa dimanfaatkan kemudian hari, artinya mempunyai prospek ekonomi yang baik

Tujuan akhir dari rencana reklamasi adalah untuk menstabilkan permukaan tanah sambil menyediakan kondisi fisik yang menunjang agar terbentuknya suatu komunitas spesies tumbuhan asli yang beragam dan sama dengan lingkungan hutan primer. Areal yang terbuka dan terganggu direklamasi secara progresif. Strategi penanaman kembali dilaksanakan untuk menstabilkan lahan terganggu dan meminimalkan erosi, karena kalau tidak demikian akan memperburuk mutu air permukaan.

## 2.2 Bioremediasi Tanah Tercemar

Sumber pencemar tanah umumnya adalah logam berat dan senyawa aromatik beracun yang dihasilkan melalui kegiatan pertambangan dan industri. Senyawa-senyawa ini umumnya bersifat mutagenik dan karsinogenik yang sangat berbahaya bagi kesehatan (Joner dan Leyval, 2001 dalam Madjid, 2009). Bioremediasi tanah tercemar logam berat sudah banyak dilakukan dengan menggunakan bakteri pereduksi logam berat sehingga tidak dapat diserap oleh tanaman. Hasil-hasil penelitian menunjukkan bahwa cendawan memiliki kontribusi yang lebih besar dari bakteri, dan kontribusinya makin meningkat dengan meningkatnya kadar logam berat (Fleibach, et al, 1994 dalam Madjid, 2009)..

Cendawan ektomikoriza dapat meningkatkan toleransi tanaman terhadap logam beracun dengan melalui akumulasi logam-logam dalam hifa ektramatrik dan “extrahyphae slime” (Aggangan et al, 1997 dalam Madjid, 2009). sehingga mengurangi serapannya ke dalam tanaman inang. Namun demikian, tidak semua mikoriza dapat meningkatkan toleransi tanaman inang terhadap logam beracun, karena masing-masing mikoriza memiliki pengaruh yang berbeda. Pemanfaatan cendawan mikoriza dalam bioremediasi tanah tercemar, disamping dengan akumulasi bahan tersebut dalam hifa, juga dapat melalui mekanisme pengkomplekan logam tersebut oleh sekresi hifa eksternal. Polusi logam berat sangat berpengaruh terhadap kesehatan tanaman hutan khususnya perkembangan dan pertumbuhan bibit tanaman hutan (Khan, 1993 dalam Madjid, 2009).

Upaya bioremediasi lahan basah yang tercemar oleh limbah industri (polutan organik, sedimen pH tinggi atau rendah pada jalur aliran maupun kolam pengendapan) juga dapat dilakukan dengan memanfaatkan tanaman semi akuatik seperti *Phragmites australis*. Oliveira et al, 2001 dalam Madjid, 2009) menunjukkan bahwa *Phragmites australis* dapat berasosiasi dengan cendawan mikoriza melalui pengeringan secara gradual dalam jangka waktu yang pendek. Hal ini dapat dijadikan strategi pengelolaan lahan terpolusi (*phytostabilisation*) dengan meningkatkan laju perkembangan spesies mikotropik.

Penelitian Joner dan Leyval (2001) dalam Madjid (2009) menunjukkan bahwa perlakuan mikoriza pada tanah yang tercemar oleh *polysiklik aromatic hydrocarbon* (PAH) dari limbah industri berpengaruh terhadap pertumbuhan clover, tapi tidak terhadap pertumbuhan reygrass. Dengan mikoriza laju penurunan hasil clover karena PAH dapat ditekan. Tapi bila penambahan mikoriza dibarengi dengan penambahan surfaktan, zat yang melarutkan PAH, maka laju penurunan hasil clover meningkat.

Mikoriza juga dapat melindungi tanaman dari eksese unsur tertentu yang bersifat racun seperti logam berat (Killham, 1994 dalam Madjid dan Novriani : 2009). Mekanisme perlindungan terhadap logam berat dan unsur beracun yang diberikan mikoriza dapat melalui efek filtrasi, menonaktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur tersebut dalam hifa cendawan.

### **2.3 Cover Crop**

Tanaman penutup tanah adalah tumbuhan atau tanaman yang khusus ditanam untuk melindungi tanah dari ancaman kerusakan oleh erosi dan / atau untuk memperbaiki sifat kimia dan sifat fisik tanah. Tanaman penutup tanah berperan:

- (1) menahan atau mengurangi daya perusak butir-butir hujan yang jatuh dan aliran air di atas permukaan tanah,
- (2) menambah bahan organik tanah melalui batang, ranting dan daun mati yang jatuh,
- (3) melakukan transpirasi, yang mengurangi kandungan air tanah.

Tumbuhan atau tanaman yang sesuai untuk digunakan sebagai penutup tanah dan digunakan dalam sistem pergiliran tanaman harus memenuhi syarat-syarat (Osche et al, 1961):

- (a) mudah diperbanyak, sebaiknya dengan biji,
- (b) mempunyai sistem perakaran yang tidak menimbulkan kompetisi berat bagi tanaman pokok, tetapi mempunyai sifat pengikat tanah yang baik dan tidak mensyaratkan tingkat kesuburan tanah yang tinggi,
- (c) tumbuh cepat dan banyak menghasilkan daun,
- (d) toleransi terhadap pemangkasan,
- (e) resisten terhadap gulma, penyakit dan kekeringan,

- (f) mampu menekan pertumbuhan gulma,
- (g) mudah diberantas jika tanah akan digunakan untuk penanaman tanaman semusim atau tanaman pokok lainnya,
- (h) sesuai dengan kegunaan untuk reklamasi tanah,
- (i) tidak mempunyai sifat-sifat yang tidak menyenangkan seperti duri dan sulur-sulur yang membelit.

Permukaan tanah dengan penutupan yang baik dapat berdampak terhadap :

- Menyediakan cadangan air tanah
- Memperbaiki/menstabilkan struktur tanah,
- Meningkatkan kandungan hara tanah, sehingga lebih produktif
- Mempertahankan kondisi tanah dan air.
- Memperbaiki ekonomi petani.

## **BAB 3. TUJUAN DAN MANFAAT**

### **3.1 Tujuan dan Sasaran**

Kegiatan penelitian ini bertujuan untuk:

1. Memperoleh informasi karakteristik kerusakan akibat tambang emas, dan rekomendasi lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah yang masih dapat direklamasi untuk lahan perkebunan.
2. Memberikan rekomendasi teknologi perbaikan kualitas lahan pasca tambang emas berdasarkan metode biologi, untuk mengurangi tingkat pencemaran Hg.
3. Memberikan rekomendasi teknologi pengayaan dan pengelolaan unsur hara tanah dari berbagai sumber bahan alami untuk mengurangi aplikasi pupuk kimia/sintetik.
4. Memberikan rekomendasi teknologi revegetasi dan jenis tanaman penutup yang mampu memperbaiki kondisi lahan pasca tambang emas, ditinjau dari peningkatan kelembaban tanah, populasi mikrobial tanah, unsur hara tanah, dan pH tanah.
5. Memberikan rekomendasi jenis tumbuhan budidaya dari tanaman perkebunan yang cocok dikembangkan pada lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah.
6. Menemukan kombinasi jenis-jenis bahan reklamasi yang paling sinergis saat dipadukan, sehingga efektif dan efisien untuk perbaikan kondisi lahan pasca tambang emas.
7. Mempercepat pemulihan lahan pasca tambang emas menjadi lahan yang lebih produktif.

### **3.2 Manfaat Ekonomi**

#### **a) Dampak ekonomis pemanfaatan hasil**

Hasil penelitian ini akan memberikan dampak secara ekonomi bagi masyarakat, karena lahan-lahan yang selama ini tidak dapat digunakan untuk

tanaman yang bernilai ekonomis, setelah melalui proses reklamasi diharapkan dapat dimanfaatkan terutama untuk tanaman perkebunan dan kehutanan.

**b) Kontribusi terhadap sektor lain**

Kontribusi hasil penelitian ini juga diharapkan dapat mengatasi permasalahan lingkungan yang disebabkan oleh lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah. Permasalahan lingkungan yang muncul akibat lahan pasca tambang emas, antara lain: penyebaran polutan logam berat, terbentuknya lahan kritis, peningkatan suhu lingkungan akibat minimnya vegetasi. Kontribusi penelitian untuk ilmu pengetahuan dan teknologi adalah berupa pengetahuan terkait efektivitas bioremediasi, fitoremediasi, penambahan senyawa organik, revegetasi terhadap reklamasi lahan pasca tambang emas. Hasil riset ini, setelah terbukti efektif untuk reklamasi lahan pasca tambang emas, diharapkan dikembangkan menjadi satu bentuk formulasi senyawa multifungsi yang efisien, efektif, mudah diaplikasikan oleh masyarakat.

## **BAB 4. METODE**

### **4.1 Kelayakan Teknis dan Metode**

#### **a) Kelayakan Teknis:**

Keuntungan yang diperoleh dari kegiatan reklamasi terpadu pada lahan pasca tambang emas ini adalah berupa percepatan pemulihan kondisi lahan akibat perlakuan perbaikan pada aspek fisik, kimiawi, dan biologis tanah. Keunggulan metode reklamasi terpadu ini adalah karena proses reklamasi dilakukan secara komprehensif dan simultan, sehingga pemulihan kondisi tanah dapat diharapkan berlangsung lebih optimal dibandingkan dengan proses penanganan reklamasi yang bersifat parsial. Manfaat yang diperoleh dari kegiatan penelitian ini berupa: keuntungan dari aspek lingkungan, karena pencemaran Hg diharapkan berkurang, kondisi biotik tanah dan unsur hara tanah diharapkan meningkat. Kondisi akan sangat menunjang kesuburan tanah, yang kemudian akan memberikan peluang tumbuhnya berbagai vegetasi yang distimulasi dari kegiatan revegetasi menggunakan tanaman penutup dan tanaman budidaya.

#### **b) Metode yang digunakan untuk mencapai sasaran:**

Metode penelitian ini terdiri dari kegiatan survey, eksperimen pada skala laboratorium, dan uji lapang. Metode survey dilakukan pada lokasi-lokasi pasca tambang emas di 8 kabupaten di Kalimantan Tengah. Kegiatan survey dimaksudkan untuk mengetahui tingkat kerusakan lahan pasca tambang emas dan potensinya untuk lahan perkebunan. Uji efektivitas bioremediasi merkuri, dilakukan menggunakan konsorsium isolat bakteri indigenus, yang diketahui mampu menurunkan kadar Hg di media tanah, dan juga metode fitoremediasi menggunakan satu jenis tumbuhan lokal yang juga telah diseleksi berdasarkan hasil penelitian sebelumnya. Metode biofertilisasi yang diuji dalam penelitian ini meliputi: pemanfaatan limbah kelapa sawit, limbah kelapa, dan jenis bokashi. Selanjutnya untuk uji bahan organik, digunakan dua jenis bahan yang berbeda, yakni seresah dan biochar. Bentuk revegetasi yang diuji coba ada 2 metode, yakni menggunakan



tanaman penutup dan tanaman budidaya. Tanaman penutup yang dimaksud, terdiri dari jenis *Arachis* sp., dan *Calopogonium* sp.. Pemilihan jenis tanaman penutup ini karena ada jenis yang diketahui mampu menambat nitrogen, memiliki adaptasi tinggi pada lahan berpasir dengan intensitas cahaya yang tinggi, serta mudah berkembangbiak. Tanaman perkebunan yang dipilih adalah dari jenis karet, kelapa sawit, jarak, dan jambu mete. Jenis tanaman perkebunan yang dipilih ini sesuai dengan jenis tanaman perkebunan yang diketahui potensial dengan kondisi lingkungan di Kalimantan Tengah.

Jumlah perlakuan untuk penelitian tahun pertama sebanyak 36 kombinasi perlakuan dengan 2 kali ulangan, penelitian tahun kedua berjumlah 18 perlakuan dengan 2 kali ulangan, dan penelitian tahun ketiga berjumlah 2 perlakuan dengan 16 kali ulangan. Parameter penelitian berupa perbaikan kondisi lahan pasca tambang emas, ditinjau dari aspek fisik, kimiawi, dan biologis. Parameter fisik tanah diukur dari: 1) perbaikan tekstur tanah; 2) perbaikan permeabilitas tanah, dan 3) perbaikan struktur tanah. Parameter kimiawi tanah, diukur dari: peningkatan unsur hara makro dan unsur hara mikro tanah, 2) penurunan kadar Hg, dan 3) peningkatan pH tanah. Parameter biologis tanah, diukur dari: 1) peningkatan populasi mikrobial tanah, 2) peningkatan populasi biota tanah, 3) persentase tumbuh tanaman penutup, 4) luas areal penutupan, 5) persentase tumbuh tanaman budidaya, 6) tinggi tanaman budidaya, dan 7) diameter tanaman budidaya.

Prosedur analisis tanah menggunakan metode dari Balai Penelitian Tanah (2005), pengukuran kadar Hg menggunakan AAS yang didasarkan pada prosedur dalam APHA (1988), Parameter unsur hara makro tanah diukur menggunakan spektrofotometer, dan unsur hara mikro menggunakan AAS, kajian keanekaragaman biota tanah dilakukan dengan cara menggunakan transek yang diadaptasi dari metode pengamatan ekologi dalam Barbour *et al.* (1987), penentuan populasi mikrobial tanah berdasarkan jumlah lempeng total, yang dihitung menggunakan colony counter, penyiapan biochar berdasarkan metode dari Debbie (2000).

Rancangan eksperimen menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Analisis kadar Hg tanah dan unsur hara tanah, dilakukan di laboratorium milik Balai Laboratorium Tanah (Balitan) Bogor. Perhitungan populasi mikrobial tanah dilakukan di Laboratorium Biologi Universitas Palangka Raya. Analisis data diukur menggunakan metode deskriptif dan perhitungan statistik.

c) Ruang Lingkup dan Tahapan Kegiatan Riset beserta Alur yang dilaksanakan:

Ruang lingkup penelitian ini meliputi bidang ilmu mikrobiologi, pertanian, kehutanan, perkebunan, dan ilmu tanah. Areal riset difokuskan pada upaya untuk mempercepat pemulihan kondisi lahan pasca tambang emas, serta mengembangkannya menjadi lahan produktif.

#### **4.2 Tahapan kegiatan penelitian adalah sebagai berikut:**

**a) Penelitian Tahun I:**

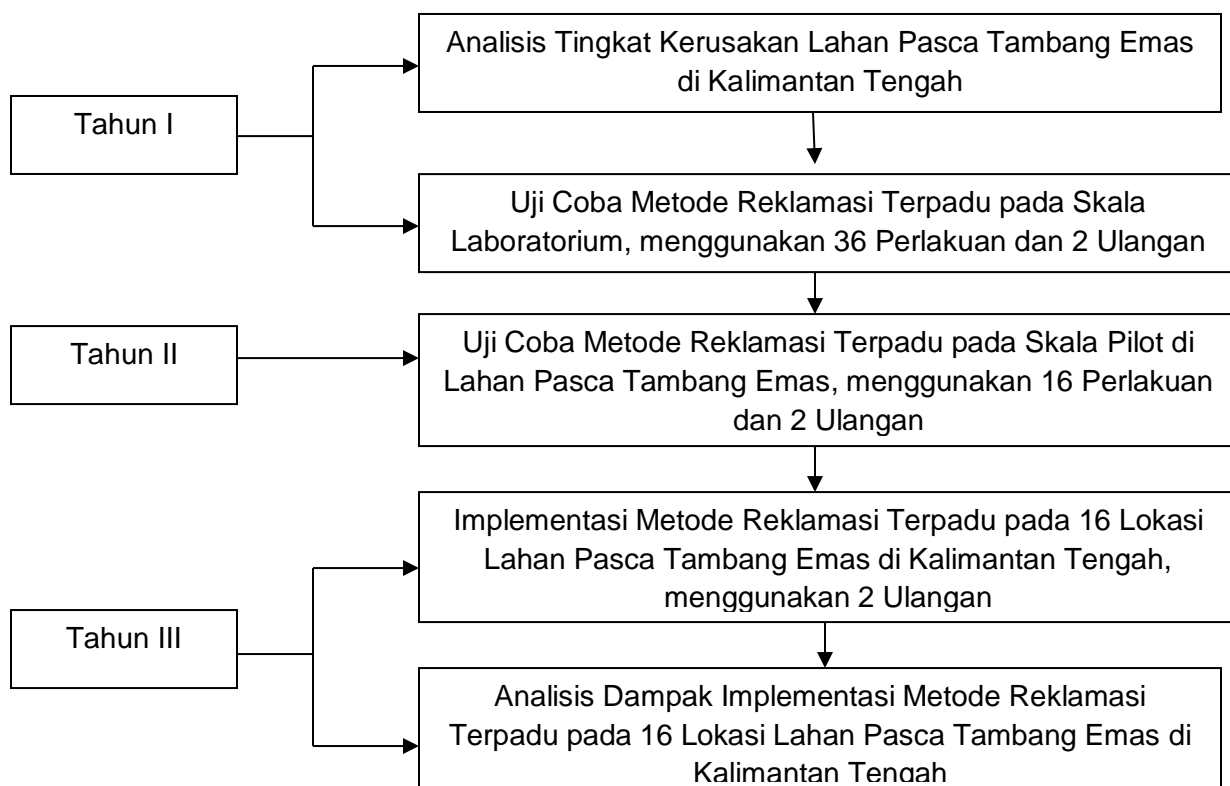
1. Kajian potensi pengembangan lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah, untuk dijadikan sebagai lahan produktif untuk tanaman perkebunan (Pelaksana BPTP Perkebunan Prop. Kalteng). Penelitian ini bersifat deskriptif eksploratif. Metode penelitian menggunakan metode survey, dan didukung dengan analisis data laboratorium, dan analisis statistik.
2. Uji skala laboratorium: potensi reklamasi terpadu pada lahan pasca tambang emas untuk budidaya tanaman perkebunan. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Jumlah perlakuan sebanyak 36, dengan ulangan sebanyak 2 kali.

**b) Penelitian Tahun II dan III:**

Penelitian tahun II merupakan uji metode reklamasi terpadu yang dilakukan pada skala pilot di salah satu lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah. Rancangan penelitian menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Jumlah perlakuan sebanyak 16, ulangan 2 kali. Penelitian tahun III merupakan tindak lanjut penelitian

tahun II, yang dilakukan dengan 2 kali perlakuan, dan diulang pada 16 lokasi pasca tambang emas di Kalimantan Tengah.

### Alur Kegiatan Penelitian



### 4.3 Ketersediaan sumber daya manusia (personil pelaksana, *track record* individu dan tim) dan sarana prasarana pendukung kegiatan riset:

Komposisi sumber daya manusia berupa peneliti yang tergabung dalam pelaksanaan penelitian ini terdiri dari ahli di bidang mikrobiologi (Dr. Liswara Neneng, M.Si.), ahli bidang konservasi tanah dan air (Ir. Yusintha Tanduh, MP), dan ahli di bidang budidaya pertanian (Dewi Saraswati, SP., MP). Berikut ini merupakan beberapa pengalaman anggota tim peneliti dalam penelitian terkait reklamasi lahan kritis:

1. Dr. Liswara Neneng, M.Si. (Peneliti Utama)
  - a. Analisis Peranan Koenzim dan Kofaktor Ion Logam dalam Meningkatkan Aktivitas Bioremediasi Merkuri (Hg) Oleh *Pseudomonas Sp.* Dan *Klebsiella Sp.* Isolat Indigenus Sungai Kahayan Kalimantan Tengah (Fundamental, 2010, Ketua).
  - b. Aplikasi konsorsium mikroorganisme dan Tumbuhan Fitoremediator Merkuri (Hg) untuk Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Stranas dana DIKTI, 2011. Ketua)
  - c. Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, 2009, Ketua).
  - d. Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. (Disertasi, Universitas Negeri Malang, 2007).
2. Dewi Saraswati, SP., MP. (Peneliti Kedua)
  - a. Pengujian metode pra kondisi rehabilitasi lahan untuk mempercepat pemulihan lahan kritis bekas tambang (Hibah Stranas DIPA Unpar, Ketua, 2009).
  - b. Pemanfaatan Air Limbah Industri Minyak Sawit pada Sistem Tanam Bersisipan Jagung Bisi-16 di Perkebunan Kelapa Sawit yang Ditanam pada Lahan Gambut Pedalaman (Anggota, 2008).
3. Ir. Yusintha Tanduh, M.P. (Peneliti Ketiga)
  - a. Prediksi Penurunan Besar Erosi Dengan Simulasi Pengelolaan Tanaman Dan Tindakan Konservasi Di Lahan Pertanian Di Bukit Tangkiling (Mandiri, 2009)
  - b. Pertumbuhan Tanaman Pada Kegiatan Reboisasi Hutan dan Lahan di Desa Paduran Sebangau Kabupaten Pulang Pisau Kalteng (2009)
  - c. Produktivitas Argoforestry pada Lahan Hutan Rakyat di Kelurahan Habaring Hurung Kecamatan Bukit Batu Kota P.Raya (Penelitian Kelompok, 2007)

- d. Pendugaan Tingkat Bahaya Erosi Dalam Rangka Upaya Konservasi Hutan Dan Lahan Di Areal Bekas Tebangan Hph Pt Hutan Mulya (Tesis, 2006)
- e. Pengaruh Campuran Media Tumbuh terhadap Pertumbuhan Anak Akasia (*Acacia mangium* WILLD) Pada Lahan Gambut Pedalaman Di Kelurahan Kalampangan (1999).

#### 4.4 Uraian Kegiatan, Pelaksana, dan Indikator Keberhasilan

NO.	URAIAN KEGIATAN	PELAKSANA	INDIKATOR KEBERHASILAN
1.	Kajian tingkat kerusakan lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah	Staf BPTP Propinsi Kalimantan Tengah	Informasi karakteristik kerusakan akibat tambang emas, dan rekomendasi lahan pasca tambang emas yang masih dapat direklamasi untuk lahan perkebunan.
2	Pengembangan metode dekontaminasi senyawa toksik (Hg) pada lahan pasca tambang emas menggunakan metode bioremediasi	Staf Peneliti dari Program Studi Biologi Universitas Palangka Raya	Rekomendasi teknologi perbaikan kualitas lahan pasca tambang emas berdasarkan metode biologi, untuk mengurangi tingkat pencemaran Hg.
3	Pengembangan metode pengayaan unsur hara pada lahan pasca tambang emas menggunakan metode biofertilisasi	Staf Peneliti dari Jurusan Pertanian Universitas Palangka Raya	Rekomendasi teknologi pengayaan dan pengelolaan unsur hara tanah dari berbagai sumber bahan alami untuk mengurangi aplikasi pupuk kimia/sintetik
4	Pengembangan metode revegetasi pada lahan pasca tambang emas menggunakan aplikasi tanaman penutup jenis lokal yang adaptif	Staf Peneliti dari Jurusan Kehutanan Universitas Palangka Raya	Rekomendasi teknologi revegetasi dan jenis tanaman penutup yang mampu memperbaiki kondisi lahan pasca tambang emas, ditinjau dari peningkatan kelembaban tanah, populasi mikrobial tanah,

			unsur hara tanah, dan pH tanah.
5	Pengembangan metode revegetasi pada lahan pasca tambang emas yang telah direklamasi menggunakan jenis tanaman perkebunan	Staf Peneliti dari Dinas Perkebunan Propinsi Kalimantan Tengah	Rekomendasi jenis tumbuhan budidaya dari tanaman perkebunan yang cocok dikembangkan pada lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah.

#### 4.5 Sarana dan Prasarana Pendukung Kegiatan Riset:

- 1) Analisis tanah menggunakan: soil test kit, Atomic Absorption Spectrofotometer (AAS) untuk mengukur kadar Hg dan unsur hara mikro tanah, Spektrofotometer UV-VIS untuk pengukuran unsur hara makro, neraca analitik, pH meter, magnetik stirer, penangas listrik, untuk analisis tanah, pH indikator, Geografic Position System (GPS).
- 2) Analisis populasi mikrobial tanah, dan penyiapan isolat untuk bioremediasi: peralatan mikrobiologis untuk perhitungan populasi mikrobial tanah, alat-alat gelas untuk pembuatan media padat dan cair, autoclave, oven, lemari pendingin, laminar air flow.
- 3) Analisis vegetasi: meteran untuk mengukur tinggi tanaman dan luas penutupan tanaman, caliptra untuk mengukur diameter tanaman.
- 4) Perlengkapan penunjang untuk membuat biochar, biofertiliser, dan penanaman bibit.

## **BAB 5. HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **5.1 Karakteristik tingkat kerusakan pada lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah**

Sejumlah 6 lokasi pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, yang diambil sampelnya dalam kegiatan penelitian ini, meliputi: areal pasca penambangan emas di Kabupaten Gunung Mas, yang berlokasi di Kecamatan Sepang Simin (Gambar 1), Kecamatan Kampuri (Gambar 2), dan Desa Tanjung Riu (Gambar 3). Areal pasca penambangan emas di Kabupaten Katingan, yang berlokasi di desa Sapundu (Gambar 5), dan di desa Hampalit (Gambar 6), serta satu lokasi lahan pasca penambangan emas di wilayah Kota Palangka Raya, yang berlokasi di desa Takaras (Gambar 4).

#### **5.1.1 Kerusakan pada Aspek Fisik Tanah**

Berdasarkan kondisi fisik pada areal yang tampak di Gambar 1 hingga Gambar 6, tampak terjadinya perubahan bentang alam dan kerusakan fisik yang terjadi pada tanah di lokasi penambangan emas. Tanah yang sebelumnya ditumbuhi oleh pepohonan besar, berubah menjadi didominasi oleh tanah berpasir, yang miskin vegetasi.



Gambar 1. Lokasi Sepang Simin



Gambar 2. Lokasi Kampuri



Gambar 3. Lokasi Tanjung Riu



Gambar 4. Lokasi Takaras



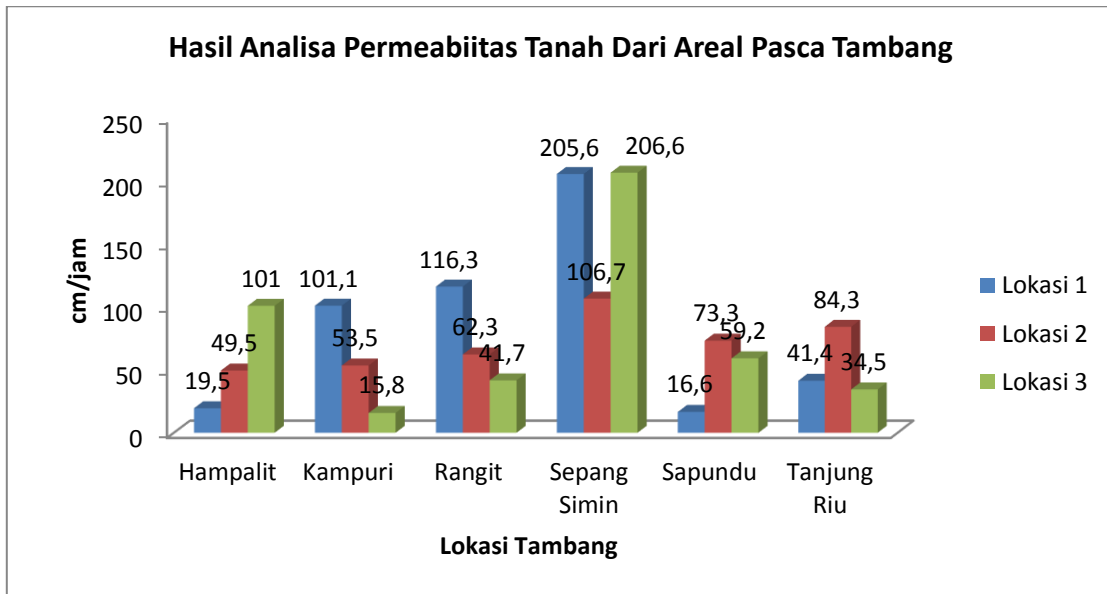
Gambar 5. Lokasi Sapundu



Gambar 6. Lokasi Hampalit

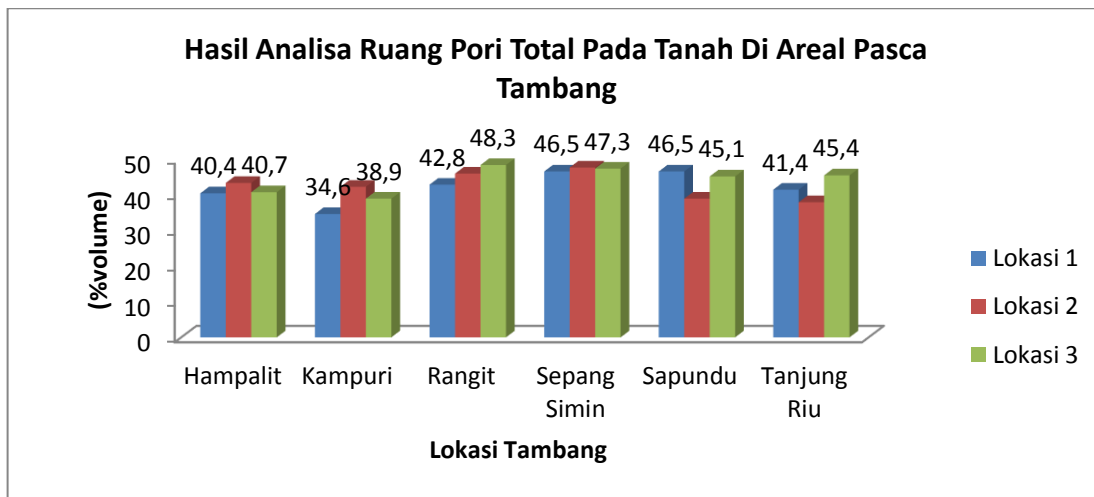
Grafik gambar di bawah ini memperlihatkan hasil pengukuran tingkat permeabilitas tanah, pori drainase tanah, dan bulk density tanah, pada 6 lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah.



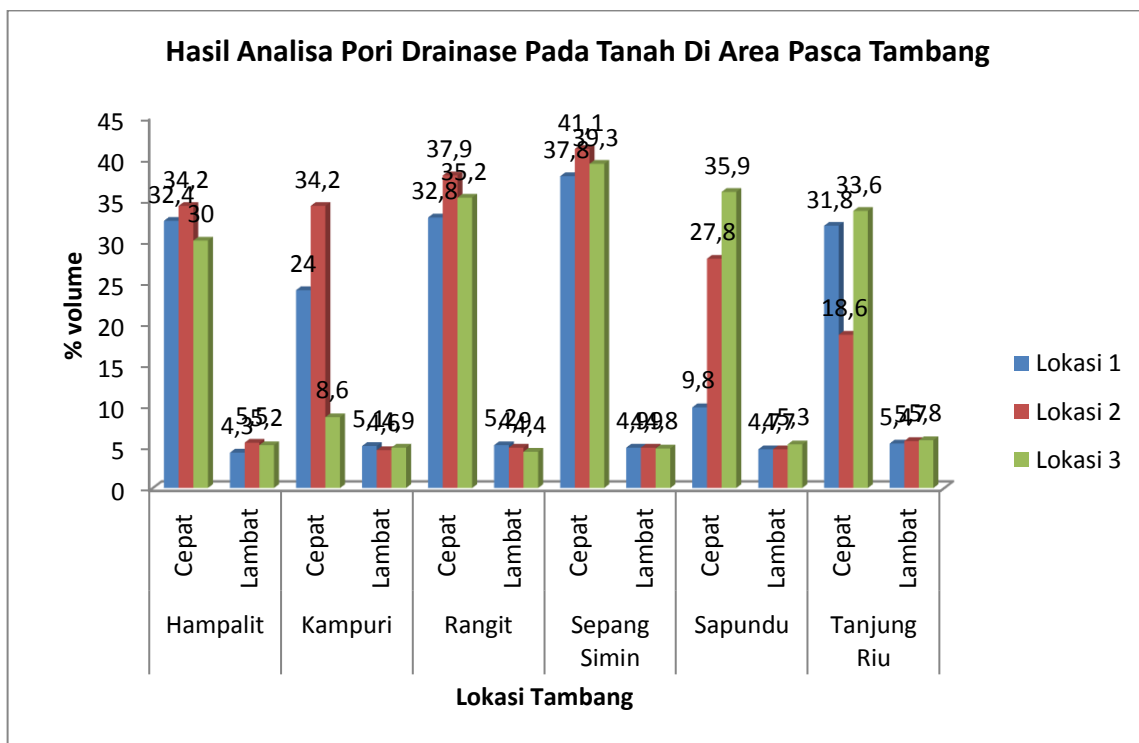


**Gambar 7 Grafik Hasil Analisa Permeabilitas Tanah Dari Areal Pasca Tambang**

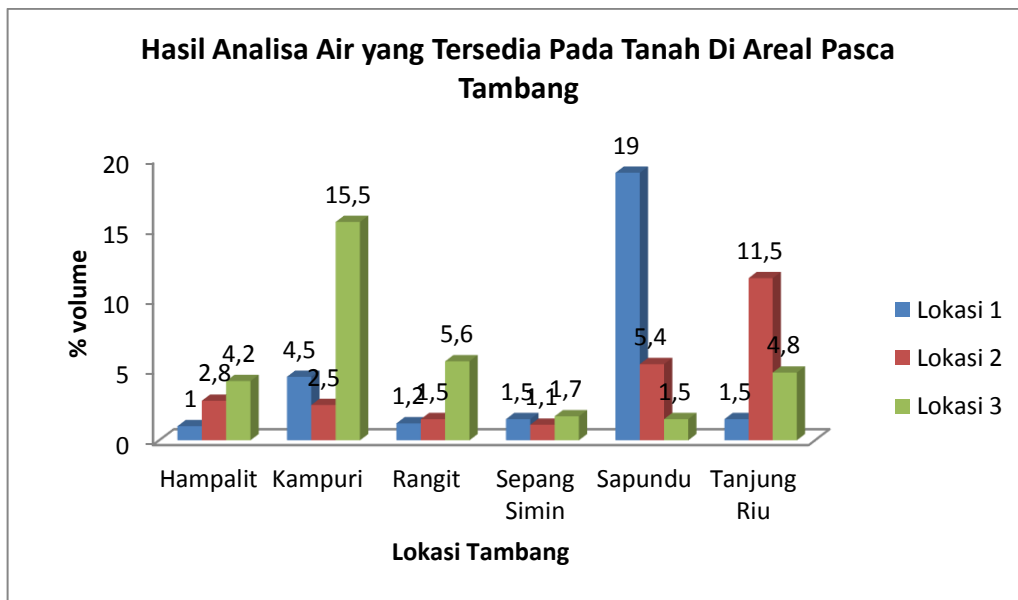
Hasil pengukuran kondisi awal permeabilitas tanah pada lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, memperlihatkan kecepatan terendah sekitar 15,8 cm/jam hingga tertinggi dengan kecepatan 206,6 cm/jam. Kriteria permeabilitas tanah yang baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman menurut Arsyad (2000), adalah dengan kecepatan sedang, yakni: 6,3 – 12,7 cm/jam. Hal ini berarti tingkat permeabilitas tanah pada areal pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah tergolong kurang baik, karena memiliki kecepatan rata-rata di atas 25,4 cm/jam.



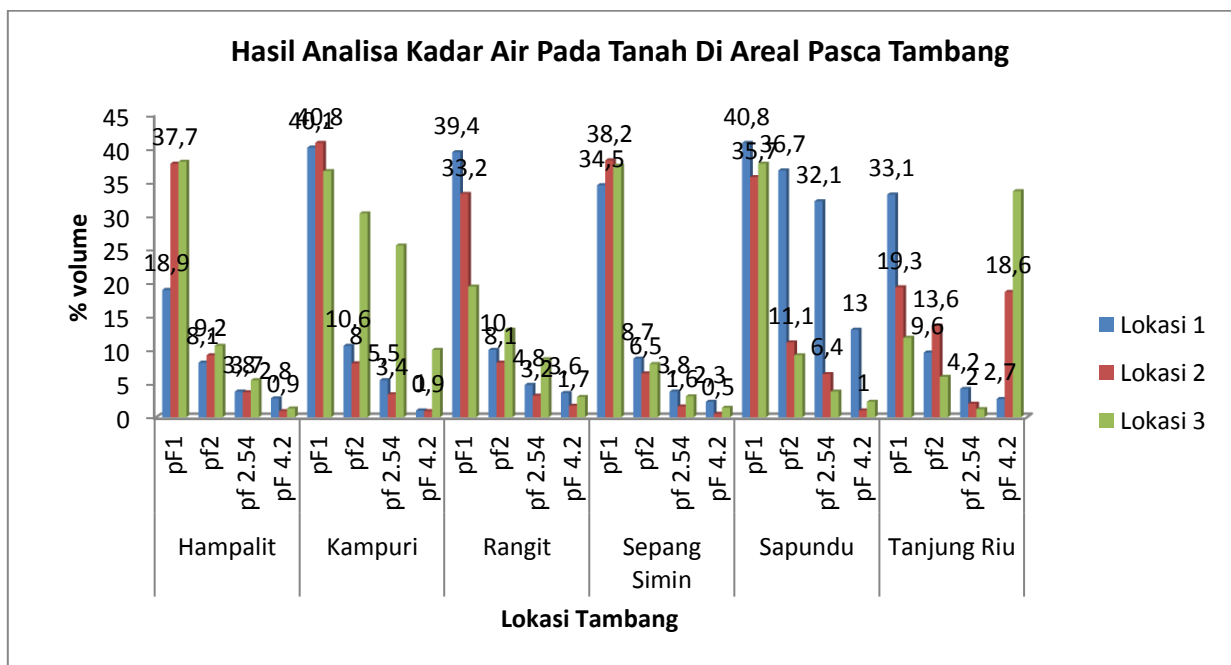
**Gambar 8 Grafik Hasil Analisa Ruang Pori Total Pada Tanah Dari Areal Pasca Tambang**



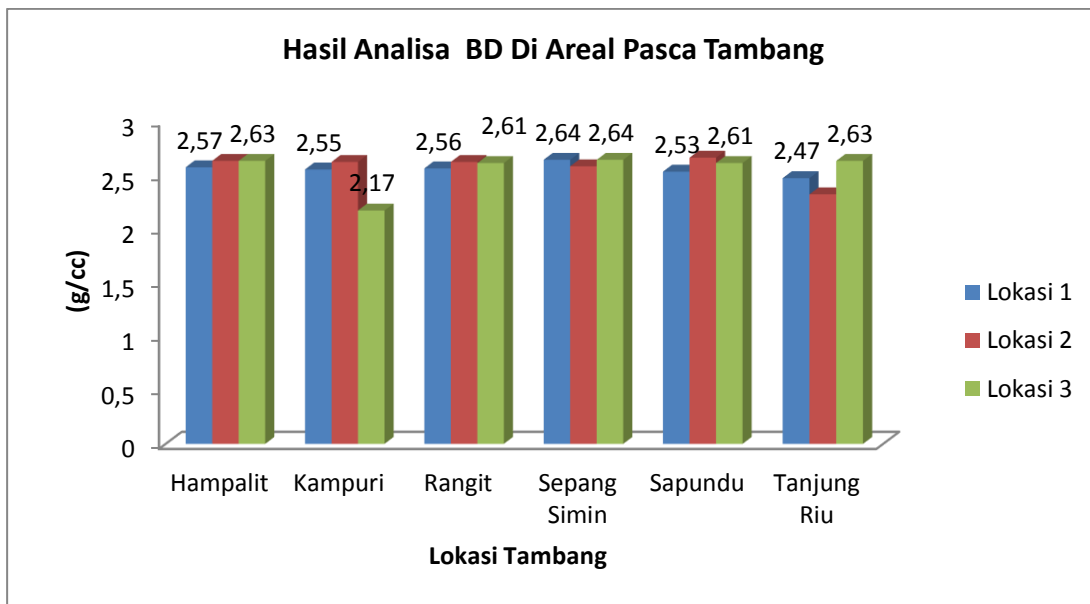
**Gambar 9 Grafik Hasil Analisa Pori Drainase Pada Tanah Dari Areal Pasca Tambang**



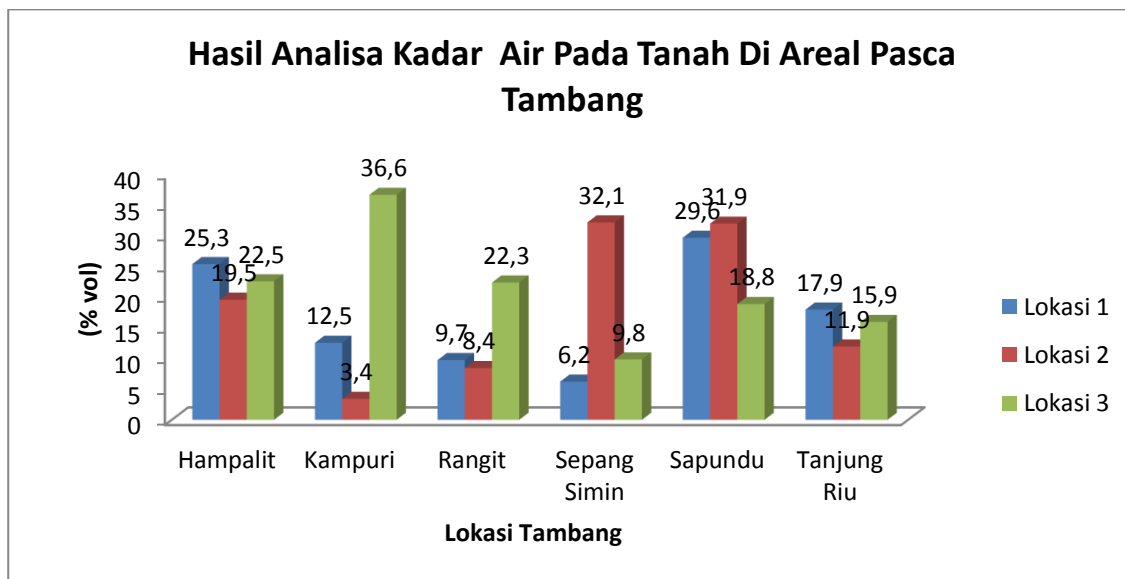
**Gambar 10 Grafik Hasil Analisa Air yang Tersedia Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang**



**Gambar 11. Grafik Hasil Analisa Kadar Air Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang**



**Gambar 12 Grafik Hasil Analisa BD Di Areal Pasca Tambang**





**Gambar 13 Grafik Hasil Analisa Kadar Air Pada Tanah di Areal Pasca Tambang**

## 5.1.2 Kondisi Aspek Biologi Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

### 5.1.2.1 Deskripsi Vegetasi yang Tumbuh pada Areal Pasca Penambangan Emas

Jenis tumbuhan yang ditemukan hidup pada areal pasca penambangan emas dari 8 lokasi penambangan yang diteliti, sebanyak 8 jenis, yang terdiri dari rumput-rumputan (4 jenis), paku-pakuan (2 jenis), dan perdu (2 jenis). Semua jenis tumbuhan ini merupakan tumbuhan pionir. Beberapa jenis tumbuhan, termasuk di dalamnya *Melastoma* sp. (Karamunting), dan *Cyperus* sp. (Sampahiring), berdasarkan hasil penelitian sebelumnya, diketahui mampu mengakumulasi merkuri (Neneng, 2009). Tabel 1 berikut, memperlihatkan hasil deskripsi jenis tumbuhan yang ditemukan di areal pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah.

No	Gambar	Deskripsi
1		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut dan bentuk batang yang bulat, arah tumbuh batang keatas dengan bentuk percabangan pada batang adalah monopodial. Memiliki bentuk daun bangun daun memanjang, ujung daun runcing dengan pangkal daun yang tumpul. Susunan tulang daun menyirip, dengan tepi daun yang rata. Daging daun seperti kulit atau belulang, warna daun hijau dengan tulang daun yang berwarna kemerah-merahan, dengan permukaan daun bagian atas atau bawah yang berbulu halus. Tumbuhan ini memiliki panjang batang 20 cm, lebar daun 9 cm, dan lebar daun 2 cm yang memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi Divisi : Spermatophyta Anak Divisi : Angiospermae Kelas : Mangnoliopsida Bangsa : Myrtales Suku : Melastomataceae Marga : Melastoma Jenis : <i>Melastoma</i> sp.</p>

2		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut dengan bentuk batang yang bulat, arah tumbuh batang tegak lurus dan percabangan pada batang yang monopodial. Bentuk daun pada tumbuhan ini adalah memanjang, ujung daun yang tumpul, dengan pangkal daun yang runcing. Susunan tulang daun menyirip, dengan tepi daun yang rata. Daging daun seperti kulit atau belulang, warna daun hijau kemerahan dengan permukaan daun bagian atas atau bawah yang licin. Tumbuhan ini memiliki panjang batang 36 cm, panjang daun 17 cm dan lebar daun 5 cm yang memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Magnoliophyta  Kelas : Choripetalae  Bangsa : Nepenthales  Suku : Nepenthaceae  Marga : Nepenthes  Jenis : <i>Nepenthes</i> sp.</p>
3		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut dengan bentuk batang yang bulat, arah tumbuh batang yang tegak lurus dengan sistem percabangan pada batang yang simpodial. Bentuk daun adalah bangun daun memanjang dengan warna daun hijau dan permukaan daun bagian atas atau bawah yang berbulu halus. Tumbuhan ini memiliki panjang batang 25 cm dan memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Pteridophyta  Kelas : Filicinae  Sub kelas : Leptosporangiateae  Ordo : Filicales  Famili : Gleichenia  Genus : Lycopodium  Spesies : <i>Lycopodium</i> sp.</p>

4		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut, dengan bentuk batang yang bulat. Memiliki arah tumbuh batang yang tegak lurus, dengan percabangan pada batang yang simpodial. Bentuk daun pada tumbuhan ini adalah bangun daun memanjang dengan ujung daun meruncing dan pangkal daun yang tumpul. Tepi daunnya rata, daging daun seperti kulit atau belulang dengan warna daun hijau dan permukaan daun bagian atas atau bawah yang licin. Tumbuhan ini memiliki panjang batang 11 cm, panjang daun 9 cm dan lebar daun 2,5 cm yang memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Pteridophyta          Kelas : Filicinae          Sub kelas : Leptosporangiateae          Ordo : Filicales          Famili : Gleichenia          Spesies : <i>Gleichenia</i> sp.</p>
5		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut dengan bentuk batang yang bulat., arah tumbuh batang tegak lurus dengan sistem percabangan pada batang yang monopodial. Bentuk daun pada tumbuhan ini adalah bangun pita, ujung daun meruncing, dengan pangkal daun rombang atau rata. Susunan tulang daun sejajar atau rata dengan tepi daun rata. Daging daun seperti tipis lunak, warna daun hijau dengan permukaan daun bagian atas atau bawah berbulu. Tumbuhan ini memiliki panjang batang 36 cm, panjang daun 24 cm, dan lebar daun 1 cm yang memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Spermatophyta          Kelas : Monocotyledoneae          Bangsa : Liliales          Suku : Liliaceae          Marga : Allium          Jenis : <i>Allium</i> sp.</p>



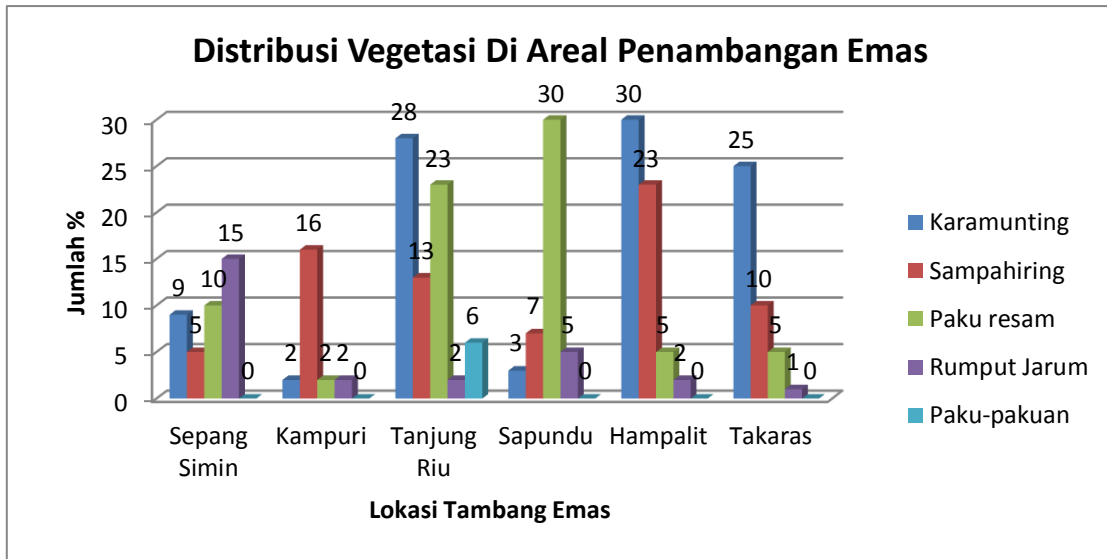
6		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut dengan bentuk batang yang bulat. Memiliki arah tumbuh batang yang tegak lurus dengan sistem percabangan pada batang yang simpodial. Bentuk daun adalah bangun pita, ujung daun meruncing, dengan pangkal daun rombang atau rata. Susunan tulang daun sejajar atau rata dengan tepi daun rata. Daging daun seperti tipis lunak, warna daun hijau dengan permukaan daun bagian atas atau bawah berbulu, memiliki bunga dan memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Spermatophyta  Anak Divisi : Angiospermae  Kelas : Monocotyledoneae  Bangsa : Cyperales  Suku : Cyperaceae  Marga : Cyperus  Jenis : <i>Cyperus</i> sp.</p>
7		<p>Tumbuhan ini memiliki sistem perakaran serabut dengan bentuk batang yang bulat., arah tumbuh batang tegak lurus dengan sistem percabangan pada batang yang simpodial. Bentuk daun pada tumbuhan ini adalah bangun pita, ujung daun meruncing, dengan pangkal daun rombang atau rata. Susunan tulang daun sejajar atau rata dengan tepi daun rata. Daging daun seperti tipis lunak, warna daun hijau dengan permukaan daun bagian atas atau bawah berbulu, memiliki bunga yang berbentuk bulat dan memiliki habitat di darat.</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Spermatophyta  Anak Divisi : Angiospermae  Kelas : Monocotyledoneae  Bangsa : Cyperales  Suku : Cyperaceae  Marga : Cyperus  Jenis : <i>Cyperus</i> sp.</p>



8		<p>Tumbuhan spesies ini memiliki sistem perakaran serabut dengan bentuk batang bangun segi tiga. Memiliki arah tumbuh batang yang tegak lurus dengan percabangan pada batang yang monopodial. Bentuk daun bangun pita, ujung daun meruncing dengan pangkal daun yang rata atau romping. Susunan tulang daun sejajar, dengan tepi daun yang rata. Daging daun seperti perkamen, dengan warna daun hijau dan permukaan daun bagian atas atau bawah yang berbulu halus. Tumbuhan ini memiliki panjang batang 72 cm, panjang daun 48 cm dan lebar daun 1,5 cm yang memiliki habitat di darat</p> <p>Klasifikasi:</p> <p>Divisi : Spermatophyta  Anak Divisi : Angiospermae  Kelas : Monocotyledoneae  Bangsa : Cyperales  Suku : Cyperaceae  Marga : Cyperus  Jenis : <i>Cyperus</i> sp.</p>
---	---	--

#### 5.1.2.2 Distribusi Vegetasi Tumbuhan pada Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Vegetasi jenis tumbuhan yang hidup pasca penambangan emas di 8 Lokasi penambangan yang diteliti, sangat minim. Jenis tumbuhan yang ditemui tumbuh pada lahan pasca penambangan emas, pada 8 lokasi di 3 Kabupaten/Kota di Kalimantan Tengah, tidak sampai 10 jenis. Jumlah persentase distribusi tumbuhan pada tiap lokasi pasca tambang, tidak lebih dari 30%, dan rata-rata kurang dari 10 % (Grafik Gambar 14). Distribusi tumbuhan di areal pasca penambangan emas, tampak pada Grafik 14, berikut ini:

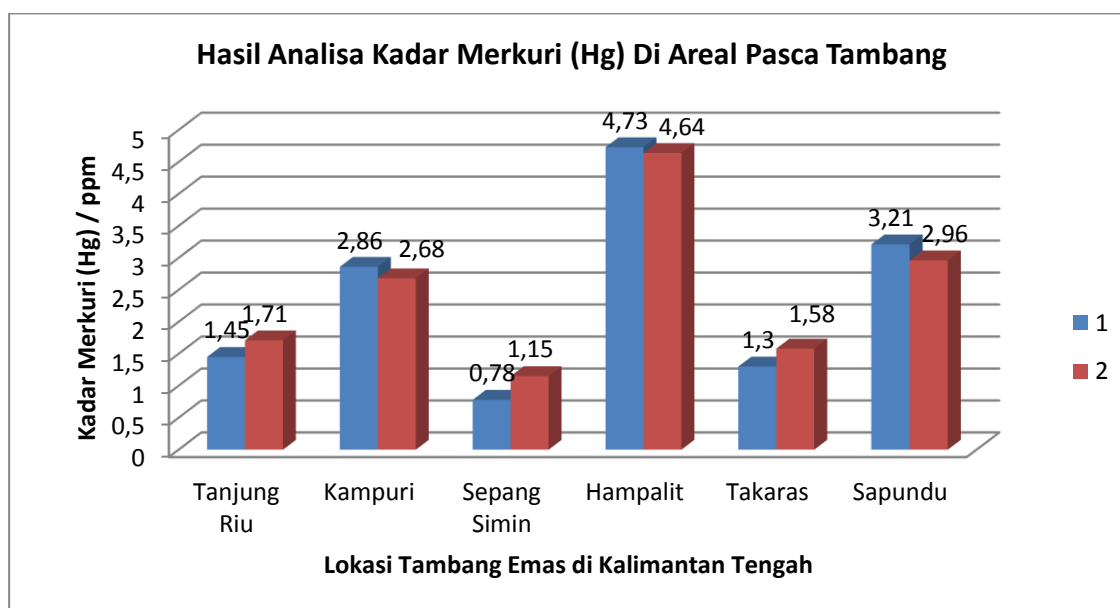


**Grafik 14 Gambar Distribusi Vegetasi Di Areal Pasca Penambangan Emas**

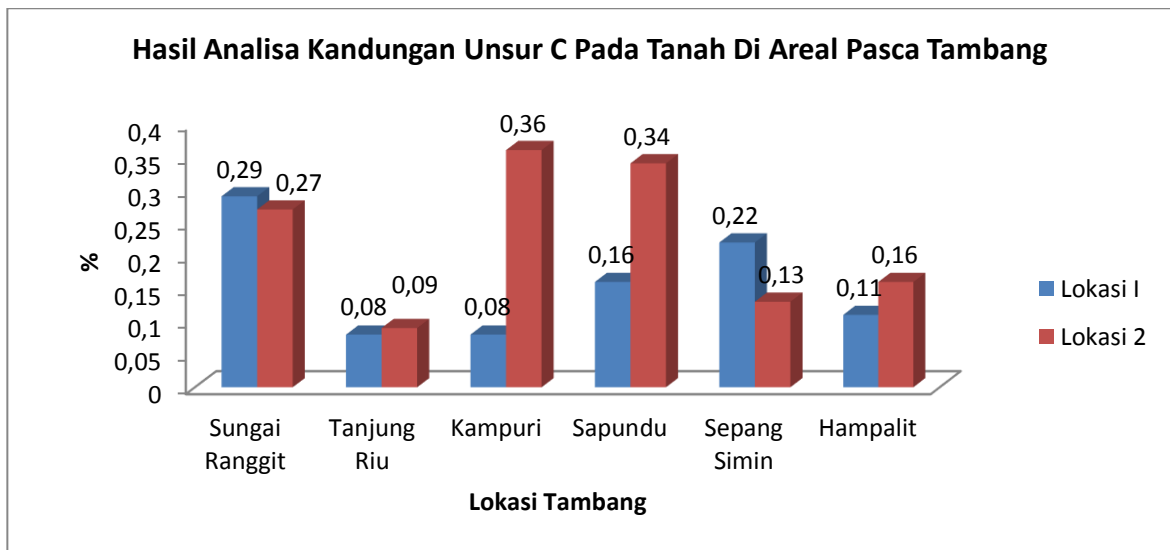
Berdasarkan grafik pada Gambar 14, tampak bahwa jenis tumbuhan yang terdapat di enam lokasi areal pasca tambang emas adalah dari jenis *Melastoma* sp. (Karamunting), *Cyperus* sp. (Sampahiring), dan *Gleichinia* sp (paku resam). Jenis tumbuhan yang tampak dominan pada lokasi pasca penambangan emas adalah *Melastoma* sp., diikuti paku resam, dan *Cyperus* sp.

### 5.1.3. Kondisi Aspek Kimiawi Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

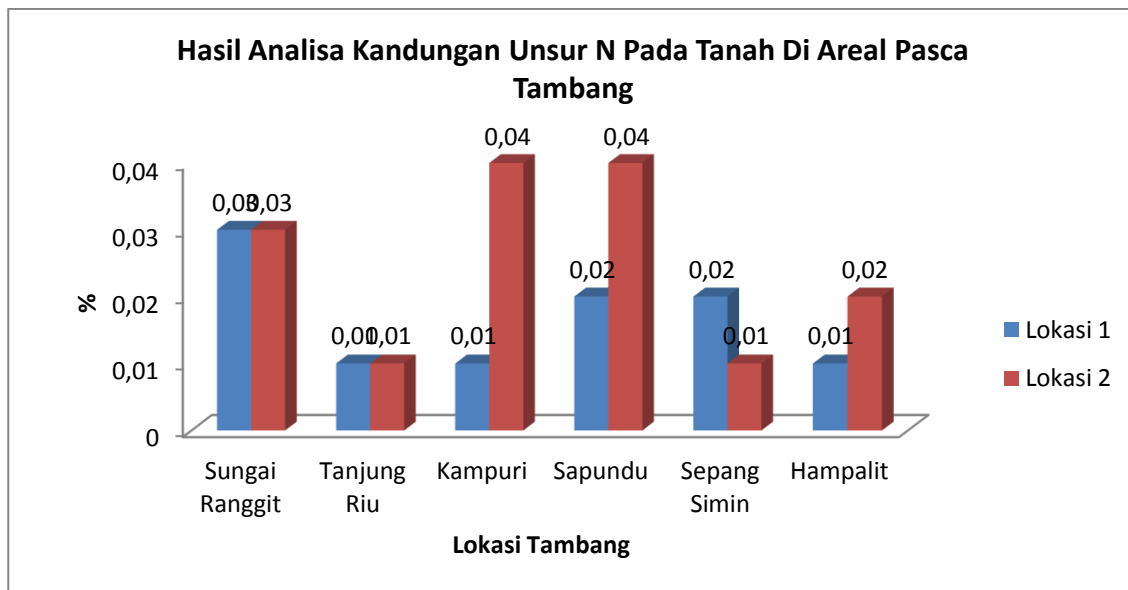
Kondisi aspek kimiawi lahan pasca penambangan emas, sangat kurang mendukung untuk pertumbuhan tanaman. Hal ini ditandai dengan masih minimnya vegetasi tanah, walaupun sudah ditinggalkan oleh para penambang selama beberapa tahun. Hasil pengukuran pH tanah memperlihatkan tingkat keasaman yang cukup tinggi pada beberapa lokasi, yakni berkisar 4,5 hingga 5,5. Berdasarkan hasil pengukuran menggunakan AAS, diketahui pada setiap lokasi pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, masih mengandung kadar merkuri dengan kisaran 0,97 ppm hingga 4,69 ppm. Rata-rata kadar Hg pada tiap lokasi, sebesar 2,42 ppm. Hasil pengukuran unsur hara memperlihatkan minimnya kandungan bahan organik tanah ( $< 2\%$ ). Kondisi ini juga ditunjang dengan hasil perhitungan populasi mikrobial tanah, yang cukup rendah (kurang dari  $10^8$ ).



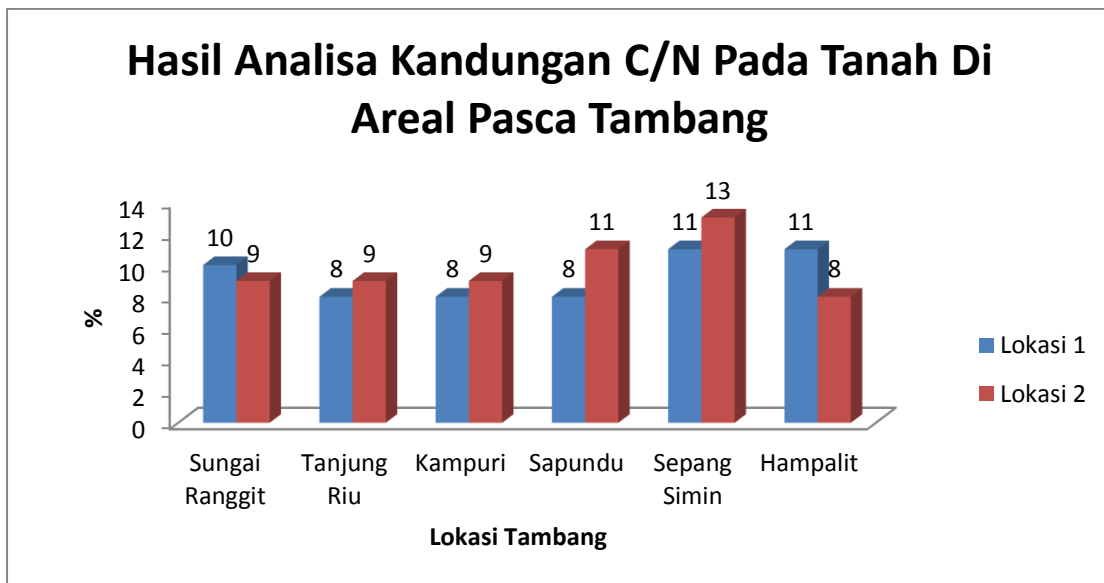
Gambar 15 Hasil Analisa Kadar Merkuri (Hg) Di Areal Pasca Tambang



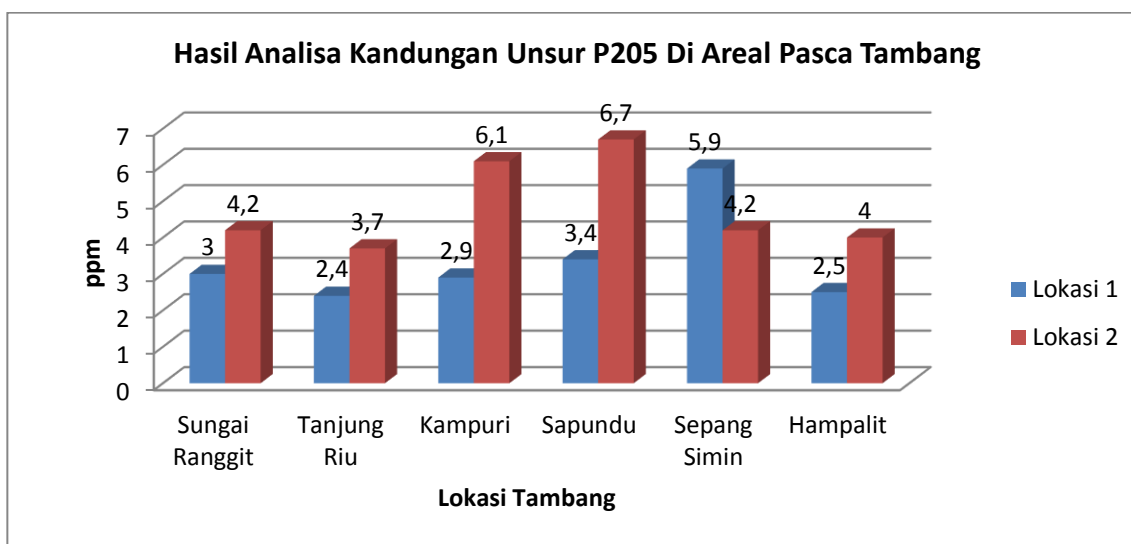
**Gambar 16 Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur C Pada Tanah di Areal Pasca Tambang**



**Gambar 17 Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur N Pada Tanah di Areal Pasca Tambang**

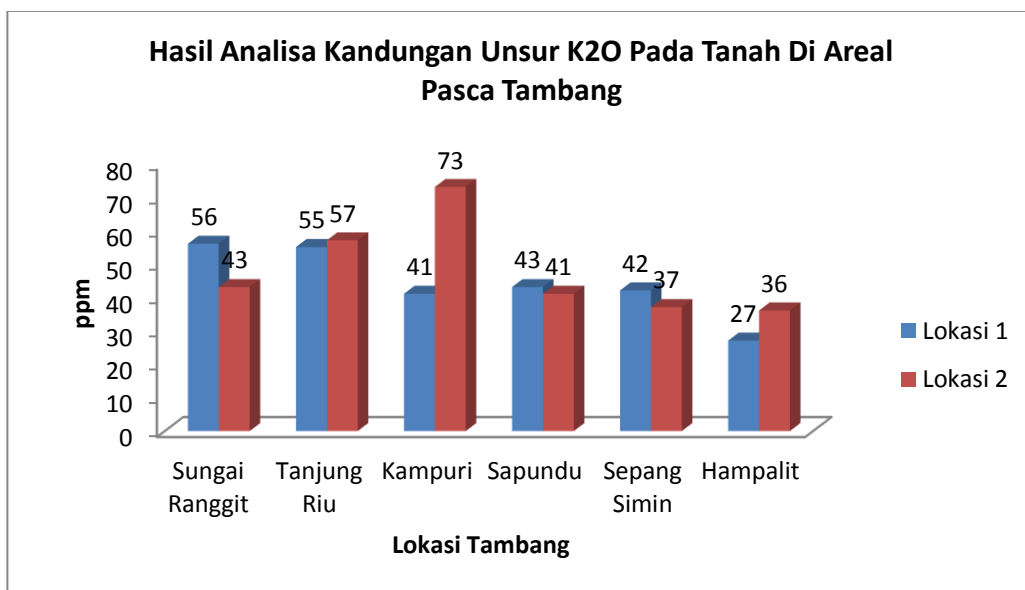


**Gambar 18 Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur C/N Pada Tanah di Areal Pasca Tambang**

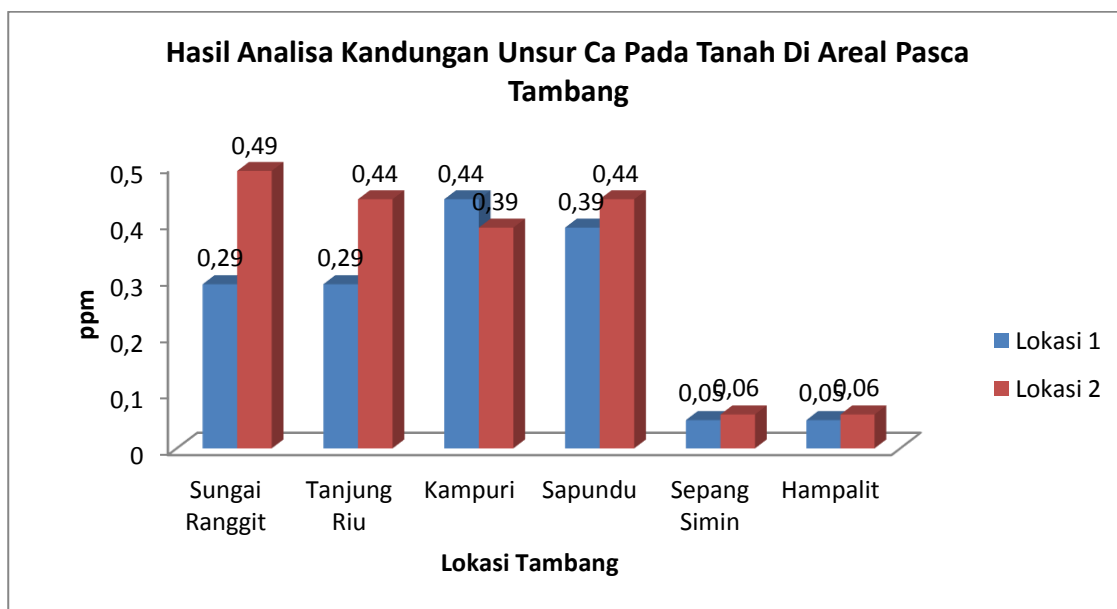


**Gambar 19 Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang**

Kebutuhan posfor untuk tanaman rata-rata 0,3 – 0,5 % berat kering tanaman. Posfat yang dijual di pasaran dalam bentuk P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> rata-rata sebesar 4 – 42%.



**Gambar 20 Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur K<sub>2</sub>O Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang**

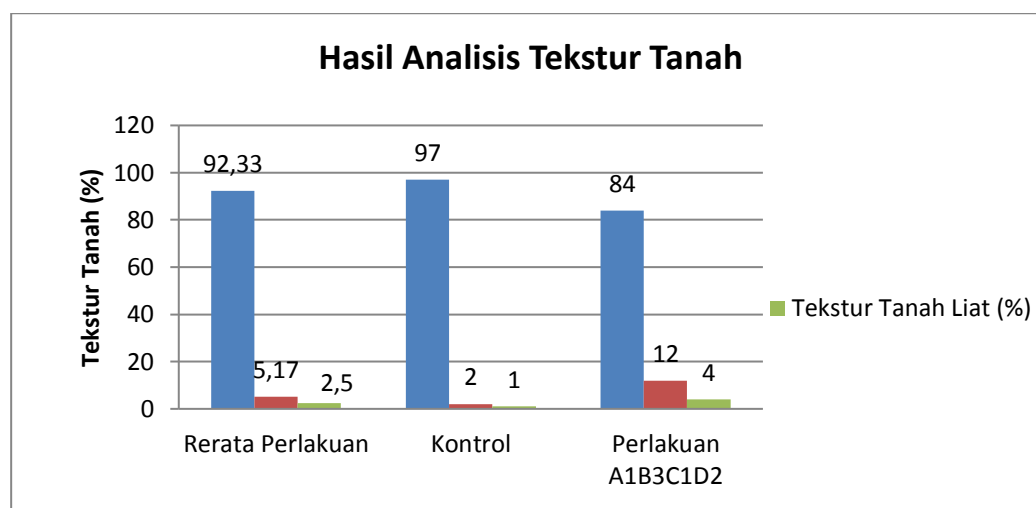


**Gambar 21 Grafik Hasil Analisa Kandungan Unsur Ca Pada Tanah Di Areal Pasca Tambang**

## 5.2. Perbaikan Kondisi Tanah akibat Perlakuan Reklamasi Terpadu Deskripsi

### 5.2.1. Perbaikan Kondisi Fisik Tanah

Berdasarkan hasil analisis laboratorium yang dilakukan di Balai Laboratorium Tanah, Bogor, tampak adanya perbaikan tekstur tanah, saat sebelum perlakuan (kontrol) dan pada rata-rata perlakuan (Gambar 22).



**Grafik 22 Gambar Hasil Analisis Tekstur Tanah**

Grafik pada Gambar 22 memperlihatkan adanya kenaikan persentase tekstur debu, dan tekstur tanah liat, dan menurunnya persentase tekstur pasir, pada rata-rata perlakuan. Terjadi penurunan persentase pasir (tekstur kasar) sebesar rata-rata 4,33% pada perlakuan, dan terjadi peningkatan jumlah tekstur yang lebih halus, seperti tekstur debu (3,17%), dan tekstur tanah liat sebesar 1,5%. Persentase kenaikan tekstur halus tanah yang terjadi, masih sangat minim. Hal ini disebabkan karena tekstur pasir masih dominan pada perlakuan. Menurut Hanafiah (2005), faktor-faktor yang mempengaruhi perubahan tekstur tanah, antara lain: organisme, sumber bahan organik tanah, pembentukan humus, sifat fisika-kimia tanah, peredaran unsur hara, perkembangan struktur tanah, dan dekomposisi bahan organik.

Sifat fisik tanah ditunjukkan dengan tekstur dan struktur tanahnya. Ada tanah yang bertekstur kasar sampai halus. Semakin halus tekstur tanah semakin banyak air yang dapat diikat. Struktur tanah ada yang keras sampai remah/gembur. Tanah yang gembur akan mengoptimalkan perkembangan akar tanaman.

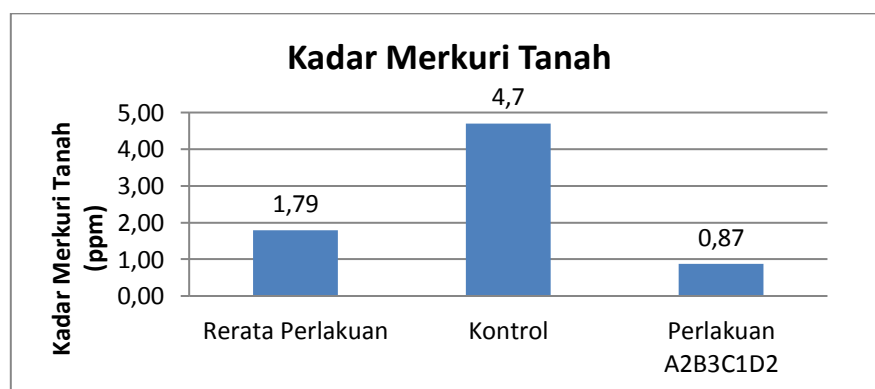
Tekstur tanah merupakan satu sifat fisik tanah yang secara praktis dapat dipakai sebagai alat evaluasi atau jugging ( pertimbangan ) dalam suatu potensi penggunaan tanah. Tekstur tanah menunjukkan perbandingan relatif antara Pasir ( sand ) berukuran 2 mm – 50 mikron, debu ( silt ) berukuran 50 – 2 mikron dan liat ( clay ) berukuran < 2 mikron. Klasifikasi tekstur ini berdasarkan jumlah partikel yang berukuran < 2 mm. Tekstur merupakan sifat yang sangat penting karena berpengaruh pada sifat – sifat kimia, fisik dan biologi tanah.

Tanah bertekstur halus memiliki permukaan yang lebih halus dibanding dengan tanah bertekstur kasar (dominan pasir). Sehingga tanah – tanah yang bertekstur halus memiliki kapasitas adsorpsi unsur – unsur hara yang lebih besar. Dan umumnya lebih subur dibandingkan dengan tanah bertekstur kasar.

### 5.2.2 Perbaikan Kondisi Kimiawi Tanah unsur hara tanah

#### A. Hasil Analisis Kadar Merkuri (Hg) Pada Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil analisis laboratorium memperlihatkan adanya penurunan kadar merkuri pada lahan pasca penambangan emas sebesar rata-rata 38% setelah perlakuan.



**Gambar 23 Hasil Analisis Kadar Merkuri (Hg) Pada Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tenga**



Merkuri merupakan salah satu bentuk logam yang tidak mempunyai manfaat bagi mikroorganisme, juga makhluk hidup secara umum. Beberapa logam, seperti kalsium, kobalt, kromium, copper, besi, potassium, magnesium, mangan, sodium, nikel, dan zink, tergolong ke dalam logam-logam esensial yang bermanfaat penting untuk: mikronutrien dan digunakan dalam proses redoks; menstabilkan molekul melalui interaksi elektrostatis, komponen dari berbagai enzim, dan mengatur tekanan osmotik (Bruins *et al.*, 2000). Merkuri berperan sebaliknya, karena tergolong ke dalam logam non esensial dan berpotensi meracuni mikroorganisme. Merkuri dalam bentuk ion  $\text{Hg}^{2+}$  dan logam-logam non esensial lain seperti  $\text{Cd}^{2+}$ , dan  $\text{Ag}^{2+}$ , cenderung berikatan dengan gugus SH, dan kemudian menghambat aktivitas dan enzim-enzim spesifik (Nies, 1999). Toksisitas logam-logam nonesensial ini terjadi melalui pertukaran tempat logam esensial dari situs pelekatan alaminya atau melalui interaksi ligan. Pada konsentrasi tinggi, baik logam esensial maupun nonesensial dapat merusak membran sel, mengubah spesifikasi enzim, merusak fungsi selular, dan merusak struktur DNA (Bruins *et al.* 2000).

Beberapa mikroorganisme memiliki kemampuan untuk memanfaatkan kontaminan lingkungan sebagai sumber makanan dan sekaligus untuk tumbuh dan berkembang biak di areal kontaminan (Vidali, 2001). Polutan tersebut digunakan sebagai sumber energi, sumber karbon atau akseptor elektron untuk metabolisme mikroorganisme yang bersangkutan. Beberapa bakteri, khamir dan algae mampu mengakumulasi ion logam dalam sel mereka beberapa kali lipat dari konsentrasi logam di lingkungan sekitarnya (Semple, 2003). Peristiwa mutasi dan seleksi turut menghasilkan evolusi pada strain mikroorganisme yang mampu beradaptasi untuk memanfaatkan kontaminan lingkungan, akibatnya mikroorganisme yang memiliki kemampuan untuk memetabolisme kontaminan spesifik, dapat diperoleh pada lokasi yang terkontaminasi (Vidali, 2001).

Konsorsium bakteri yang digunakan untuk proses bioremediasi merkuri pada lahan pasca tambang emas, dalam penelitian ini adalah dari jenis *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. Bakteri *Pseudomonas* sp. merupakan bakteri yang memiliki peranan penting dalam keseimbangan alam, dan bakteri *Klebsiella* sp. juga bakteri yang banyak tersebar di alam, baik di air maupun di tanah (Moore *et al.*, 2006; Essa, *et al.*, 2002b).

Kedua jenis bakteri ini memiliki kemampuan untuk mengeliminasi merkuri pada media cair dengan mekanisme yang berbeda. Kombinasi mekanisme kerja yang terjadi antara bakteri *Pseudomonas* sp. dan bakteri *Klebsiella* sp. adalah sebagai berikut : isolat *Pseudomonas* sp. menggunakan reaksi reduksi secara enzimatis dengan menggunakan bantuan enzim merkuri reduktase, untuk mengubah  $\text{Hg}^{2+}$  terlarut menjadi  $\text{Hg}^0$  yang volatil (Wagner-Döbler *et al.*, 2000), sedangkan bakteri *Klebsiella* sp. memiliki kemampuan untuk menghasilkan hidrogen sulfida ( $\text{H}_2\text{S}$ ) dibawah kondisi aerobik, yang dapat mengendapkan ion  $\text{Hg}^{2+}$  yang terlarut menjadi  $\text{HgS}$  yang tidak larut dalam air, sehingga dapat dengan mudah dipisahkan dari larutan (Essa, *et al.*, 2002b). Kombinasi mekanisme kerja ini yang menyebabkan proses reduksi merkuri pada kultur yang ditanam pada isolat campuran kedua jenis bakteri ini lebih besar dibandingkan dengan isolat tunggal.

Pada penelitian ini metode bioremediasi dikombinasikan dengan fitoremediasi, menggunakan jenis tumbuhan karamunting (*Melastoma*, sp.). Fitoremediasi merupakan pemanfaatan tumbuhan untuk menghilangkan polutan dari tanah atau perairan yang terkontaminasi. Semua tumbuhan mampu menyerap logam dalam jumlah yang bervariasi tetapi beberapa tumbuhan mampu mengakumulasi unsur logam tertentu dalam konsentrasi yang cukup tinggi. Cara ini relatif murah dan memungkinkan sumber pencemar didaur ulang. Proses fitoremediasi dapat terjadi melalui beberapa mekanisme antara lain : biodegradasi dalam rizosfer, fitostabilisasi, fitoakumulasi (fitoekstraksi), rizofiltrasi (system hidroponik untuk pembersihan air), fitovolatilisasi, fitodegradasi, pengendalian hidrolis (Brown *et al.*, 1995)

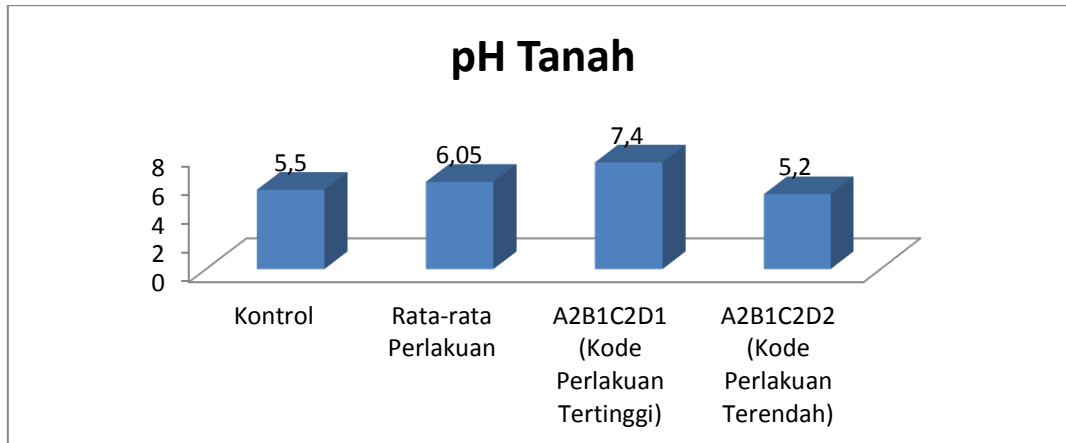
Ada 6 mekanisme utama yang dilakukan oleh tumbuhan untuk proses fitoremediasi, yakni:

1. Stimulasi bioaktivitas mikroorganisme di areal rhizosfer tanaman
2. Jaringan tumbuhan dapat mengeluarkan enzim yang dapat mengendapkan dan mengikat polutan-polutan aromatik.
3. Enzim-enzim dari tumbuhan dapat mendegradasi senyawa-senyawa organik.
4. Akar tanaman dapat menyerap dan memecahkan senyawa-senyawa organik (*phytostabilization; in situ stabilization*)

5. Adanya hiperakumulasi dari logam berat atau radioaktif yang terjadi di dalam jaringan tumbuhan, yang kemudian digunakan untuk proses remediasi tanah ataupun air (*phytoextraction*, *rhizofiltration*)

Adanya kandungan merkuri yang dapat dideteksi pada jaringan tumbuhan, dimungkinkan karena terjadinya proses *phytoextraction*, *rhizofiltration*. Akar tanaman dapat menyerap kontaminan bersamaan dengan penyerapan nutrisi dan air. Massa kontaminan tidak dirombak, tetapi diendapkan di bagian trubus dan daun tanaman. Metode ini digunakan terutama untuk menyerap limbah yang mengandung logam berat.

#### B. Hasil Analisis pH Tanah Pada Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah



**Grafik 24 Gambar Hasil Analisis PH Pada Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

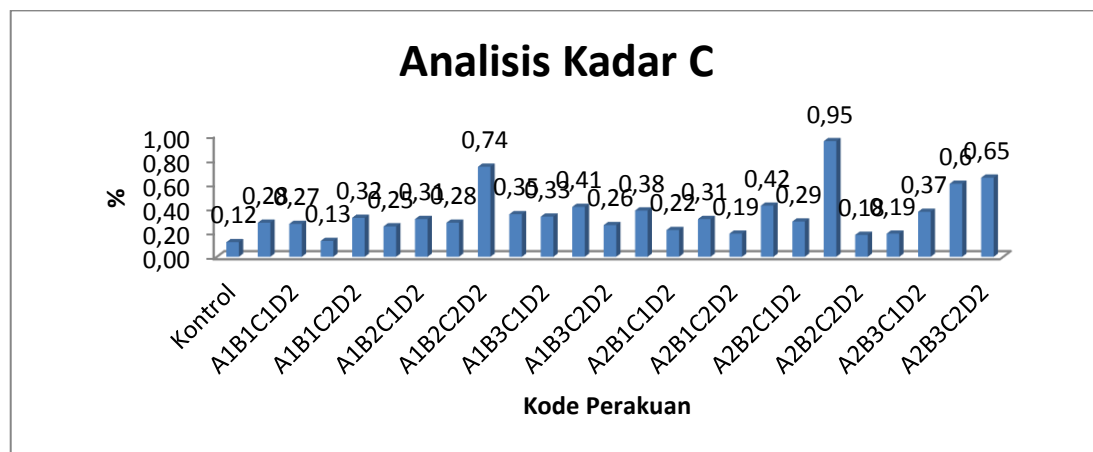
Sifat kimia tanah ditunjukkan dengan nilai pH/keasaman dan kandungan unsur hara di dalam tanah. Nilai pH optimum (sekitar 7) akan memudahkan unsur hara tersedia bagi tanaman. Hasil perlakuan reklamasi terpadu memperlihatkan adanya rata-rata peningkatan nilai pH tanah dari 5.5 pada kontrol, menjadi 6,05 pada perlakuan. Menurut Lindsay (1979) pH tanah netral berada dalam rentang 6 hingga 6,5. pH tanah yang lebih tinggi atau lebih rendah dari kisaran netral, akan mengurangi ketersediaan unsur hara tanah, terutama unsur hara P, karena P menjadi kurang tersedia, akibat berikatan dengan Ca.

### C. Hasil Analisis Kadar Unsur Hara pada Tanaman

Jenis unsur hara yang diukur dalam penelitian ini meliputi: unsur hara makro dan unsur hara mikro, yang meliputi: unsur C, N, P, K, Na, Ca, Mg, Fe.

#### 1) Kadar Unsur C Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil analisis laboratorium memperlihatkan adanya kenaikan nilai unsur C pada perlakuan sebesar rata-rata 0,36 % hingga nilai tertinggi sebesar 0,95% pada perlakuan dengan A2B2C1D2 (perlakuan bioremediasi +fitoremediasi dipadukan dengan tandan kosong limbah sawit, seresah, dan *Colopogonium* sp.)



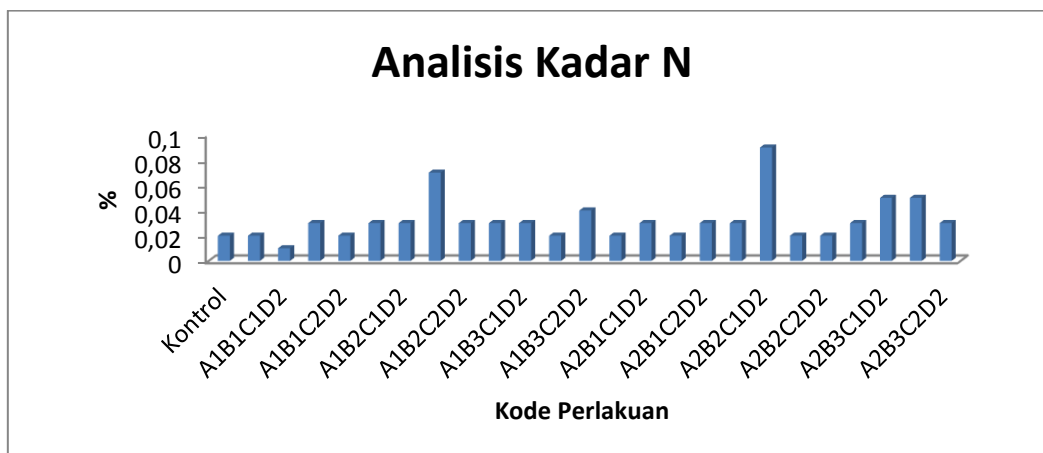
**Grafik 25 Gambar Hasil Analisis Kadar C Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

Kandungan bahan organik merupakan indikator paling penting dan menjadi kunci dinamika kesuburan tanah. Bahan organik mempunyai peran yang multifungsi, yaitu mampu merubah sifat fisis, khemis dan biologis tanah. Bahan organik juga mampu berperan mengaktifkan persenyawaan yang ditimbulkan dari dinamikanya sebagai ZPT (zat pengatur tumbuh), sumber enzim (katalisator reaksi-reaksi persenyawaan dalam metabolisme kehidupan) dan biosida (obat pembasmi penyakit dan hama dari bahan organik) (Aryantha, 1998). Bahan organik dapat merubah sifat biologis tanah dengan meningkatkan populasi mikroba di dalam tanah. Populasi mikroba yang meningkat (baik jenis dan jumlahnya) menyebabkan dinamika tanah akan semakin baik dan menjadi sehat alami. Peningkatan populasi mikroba tanah (khususnya jamur bermiselia) akan

meningkatkan kemantapan agregasi partikel-partikel penyusun tanah. Mikroba dan miselinya, yang berupa benang-benang berfungsi sebagai perajut/perekat antar partikel tanah, menjadikan struktur tanah menjadi lebih baik dan meningkat ketahanannya dalam menghadapi tekanan erodibilitas (perusakan) tanah (Doran and Zeiss, 2000). Kemampuan merubah sifat biologis tanah ke arah positif dapat meningkatkan populasi mikroba yang menguntungkan tanaman dan menjadikan tanaman tumbuh sehat tanpa perlu penggunaan pupuk buatan dan pestisida.

## 2) Hasil Analisis Kadar Unsur N Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil perlakuan memperlihatkan adanya peningkatan kadar nitrogen pada perlakuan sebesar rata-rata 50% dibandingkan dengan kadar awal yakni 0,02 . Hasil peningkatan N tertinggi terdapat pada perlakuan A2B2C1D2, yakni sebesar 0,09%. Hal ini disebabkan karena perlakuan reklamasi terpadu yang diaplikan ke tanah, diantaranya mengandung bahan dasar berupa kotoran hewan, yang merupakan komposisi pupuk bokashi, dan juga diperkaya dengan mikroorganisme, yang berasal dari campuran isolat *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. Penambahan isolat mikroorganisme ini yang membantu mempercepat proses pelapukan bahan-bahan organik, yang juga ditambahkan sebagai unsur pengaya pada perlakuan.

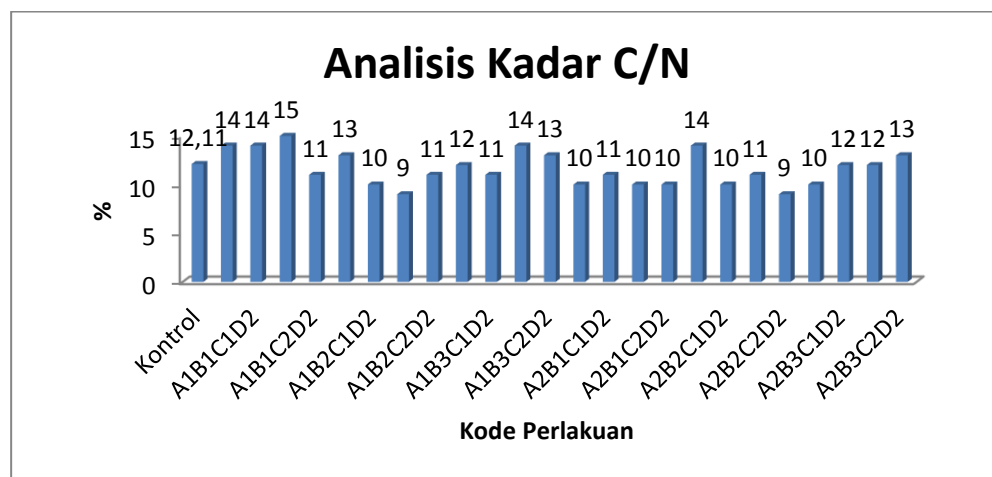


**Grafik 26 Gambar Hasil Analisis Kadar N Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

Kadar N yang dibutuhkan tanaman rata-rata sebesar 0,2 hingga 2% tubuh tanaman. Nitrogen merupakan unsur hara utama bagi pertumbuhan tanaman, yang pada umumnya sangat diperlukan untuk pembentukan atau pertumbuhan bagian-bagian vegetatif tanaman seperti daun, batang dan akar, tetapi apabila terlalu banyak dapat menghambat pembungaan dan pembuahan pada tanaman. Nitrogen diserap oleh akar tanaman dalam bentuk  $\text{NO}_3^-$  (Nitrat) dan  $\text{NH}_4^+$  (Amonium), akan tetapi nitrat ini segera ter-reduksi menjadi ammonium melalui enzim yang mengandung molibdinum. Apabila unsur N tersedia lebih banyak daripada unsur lainnya, akan dapat menghasilkan protein lebih banyak.

### 3) Hasil Analisis Kadar Unsur C/N Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Terjadi penurunan C/N ratio sebesar 0,37% pada rata-rata perlakuan, yakni dengan nilai 11,63%, dibandingkan dengan kontrol sebesar 12%.. Hal ini mengindikasikan adanya beberapa kemungkinan seperti terjadinya peningkatan nilai N yang terjadi pada tanah perlakuan. Peningkatan nilai N ini dapat disebabkan karena beberapa hal, antara lain: proses reaksi metabolisme yang dilakukan mikroorganisme penambat nitrogen, proses dekomposisi bahan-bahan organik yang terjadi secara biologis, maupun kimiawi.

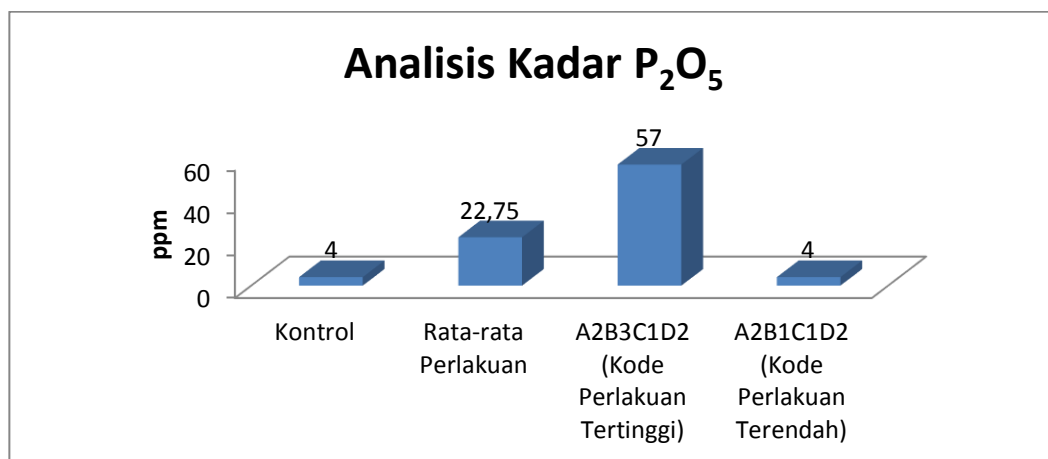


**Grafik 27 Gambar Hasil Analisis Kadar C/N Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

Bahan organik tidak dapat digunakan secara langsung oleh tanaman karena perbandingan kandungan C/N dalam bahan tersebut tidak sesuai dengan C/N tanah. Rasio C/N merupakan perbandingan antara karbohidrat (C) dan nitrogen (N). Rasio C/N tanah berkisar antara 10-12. Apabila bahan organik mempunyai rasio C/N mendekati atau sama dengan rasio C/N tanah, maka bahan tersebut dapat digunakan tanaman.

#### 4) Kadar Unsur $P_2O_5$ Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil analisis posfat dalam bentuk  $P_2O_5$  memperlihatkan kenaikan rata-rata kadar  $P_2O_5$  dalam perlakuan sebesar 22,75 ppm dibandingkan kontrol yang hanya 4 ppm. Kenaikan tertinggi pada perlakuan A2B3C1D2.



**Grafik 28** Gambar Hasil Analisis Kadar  $P_2O_5$  Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

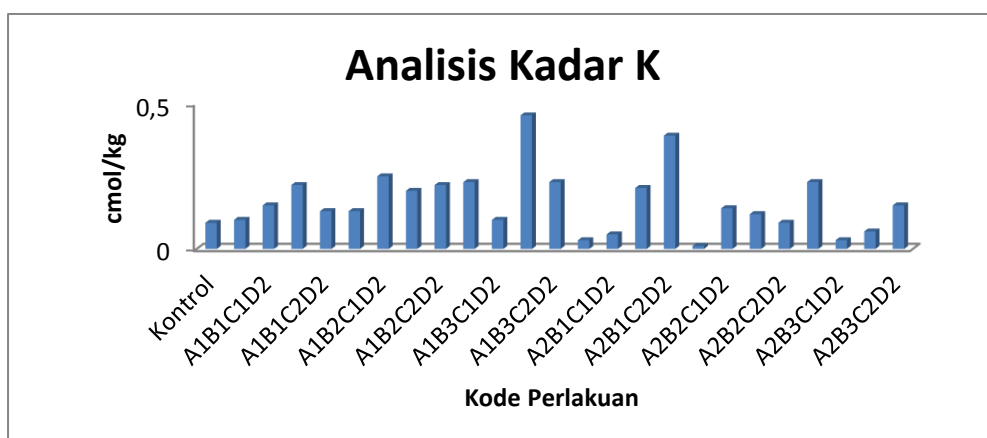
Ketersediaan P-organik bagi tanaman sangat bergantung pada aktivitas mikroba untuk memineralisasikannya. Namun seringkali hasil mineralisasi ini segera bersenyawa dengan bagian-bagian anorganik untuk membentuk senyawa yang relatif sukar larut. Enzim fosfatase berperan utama dalam melepaskan P dari ikatan P-organik. Enzim ini banyak dihasilkan oleh mikroba tanah, terutama yang bersifat heterotrof. Aktivitas fosfatase dalam tanah meningkat dengan meningkatnya C-organik, tetapi juga dipengaruhi oleh pH, kelembaban, temperatur, dan faktor lainnya. Dalam kebanyakan tanah total P-organik sangat berkorelasi dengan C-organik tanah, sehingga mineralisasi

P meningkat dengan meningkatnya total C-organik. Semakin tinggi C-organik dan semakin rendah P-organik semakin meningkat immobilisasi P. Fosfat organik dapat diimmobilisasi menjadi P-organik oleh mikroba dengan jumlah yang bervariasi antara 25-100% (Havlin et al., 1999).

Fosfor dalam tanah dibedakan dalam dua bentuk, yaitu P-organik dan P-anorganik. Kandungannya sangat bervariasi tergantung pada jenis tanah, tetapi pada umumnya rendah. Fosfor organik di dalam tanah terdapat sekitar 50 % dari P total tanah dan bervariasi sekitar 15-80% pada kebanyakan tanah. Bentuk-bentuk fosfat ini berasal dari sisa tanaman, hewan, dan mikroba. Fosfor dalam tanah dan penyerapannya oleh tanaman sangat dipengaruhi oleh kondisi tanah, keadaan iklim dan kemampuan tanaman untuk menyerap hara dari tanah. Fosfor dan Nitrogen merupakan unsur yang harus disediakan pada tahap-tahap awal pertumbuhan untuk memastikan pertumbuhan vegetatif yang baik (Yon, 1994).

#### 5) Kadar $K_2O$ Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil analisis  $K_2O$  memperlihatkan kenaikan pada perlakuan sebesar rata-rata 100% dibandingkan kontrol, yakni sebesar rata-rata 84,04 ppm. Kenaikan tertinggi pada perlakuan A1B3C2D1.



**Grafik 29** Gambar Hasil Analisis Kadar  $K_2O$  Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah



Kalium sangat penting dalam proses metabolisme tanaman, Kalium juga penting di dalam proses fotosintesis. Bila Kalium kurang pada daun, maka kecepatan asimilasi  $\text{CO}_2$  akan menurun.

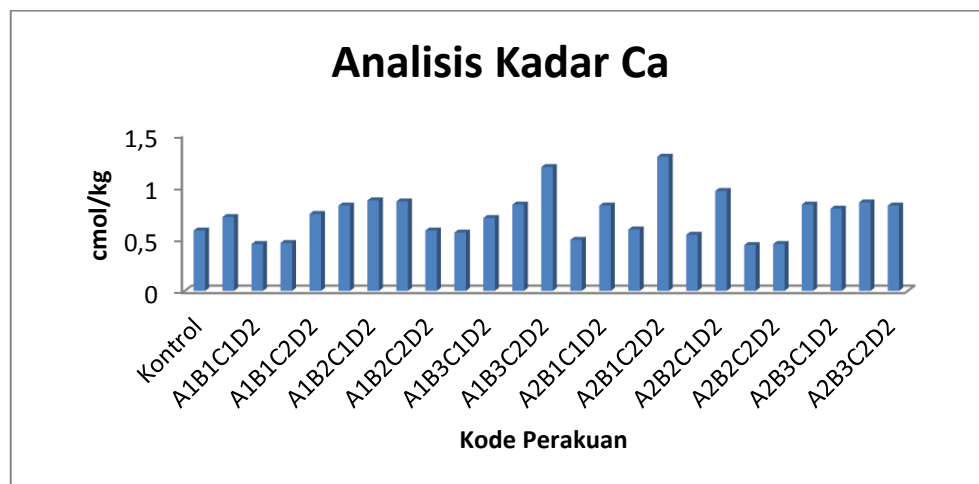
Kalium berfungsi :

- a. Membantu pembentukan protein dan Karbohidrat
- b. Mengeraskan jerami dan bagian kayu tanaman
- c. Meningkatkan resisten terhadap penyakit
- d. Meningkatkan kualitas biji atau buah.

Kalium diserap dalam bentuk  $\text{K}^+$  (terutama pada tanaman muda). Menurut penelitian Kalium banyak terdapat pada sel-sel muda atau bagian tanaman yang banyak mengandung protein, inti sel tidak mengandung kalium.

#### 6) Kadar Unsur Ca Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil analisis unsur Ca memperlihatkan kenaikan pada perlakuan sebesar rata-rata 0,7% dibandingkan kontrol, yakni sebesar rata-rata 0,74 cmol/kg. Kenaikan tertinggi pada perlakuan A2B1C2D2.



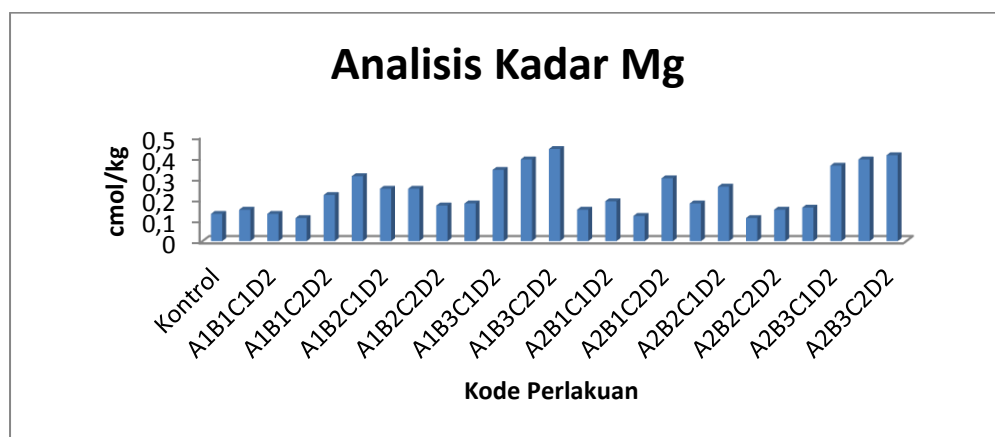
**Grafik 30 Gambar Hasil Analisis Kadar Ca Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

Kalsium termasuk unsur hara yang esensial, unsur ini diserap dalam bentuk  $\text{Ca}^{++}$ . Sebagian besar terdapat dalam daun dalam bentuk kalsium pektat yaitu dalam lamella pada dinding sel. Selain itu terdapat juga pada batang, berpengaruh baik pada pertumbuhan ujung dan bulu-bulu akar. Kalsium berfungsi sebagai berikut :

- Ca terdapat pada tanaman yang banyak mengandung protein
- Ca ada hubungannya dalam pembuatan protein atau bagian yang aktif dari tanaman
- Ca dapat menetralkan asam-asam organik pada metabolisme
- Kekurangan Ca pada tanaman gejalanya pada pucuk
- Ca penting bagi pertumbuhan akar
- Ca dapat menetralkan tanah asam, dapat menguraikan bahan organik, tersedianya pH dalam tanah tergantung pada Ca.

#### 7) Kadar Unsur Mg Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

Hasil analisis unsur Mg memperlihatkan kenaikan pada perlakuan sebesar rata-rata diatas 100% dibandingkan kontrol, yakni sebesar rata-rata 0,24 cmol/kg. Hasil tertinggi pada perlakuan gabungan A1B3C2D2, yakni sebesar 0,44 cmol/kg.



**Grafik 31 Gambar Hasil Analisis Kadar Mg Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

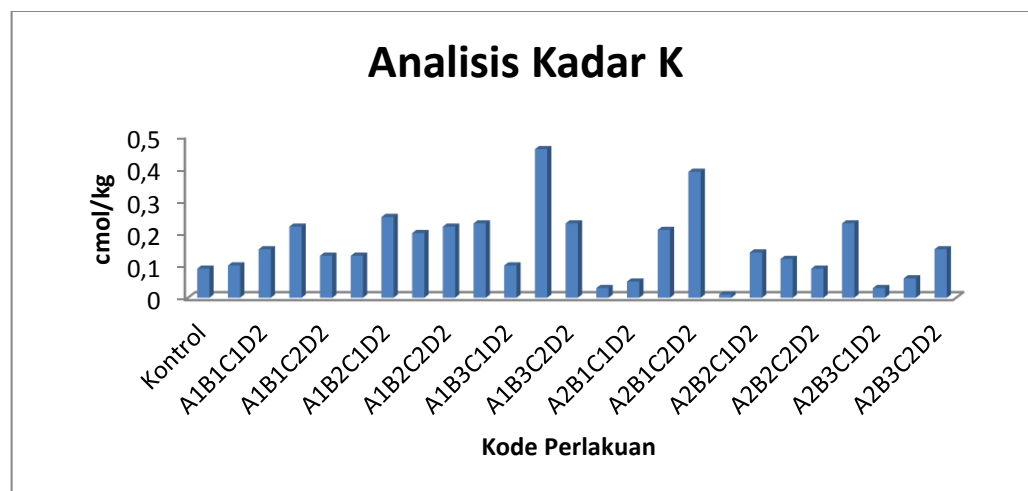
Magnesium diserap dalam bentuk  $\text{Mg}^{++}$ , merupakan bagian dari khlorofil. Kekurangan zat ini maka akibatnya adalah khlorosis, gejalanya akan tampak pada

permukaan daun sebelah bawah. Mg ini termasuk unsur yang tidak mobil dalam tanah. Mg merupakan salah satu bagian enzim yang disebut Organic pyrophosphates dan Carboxy peptisida.

Kadar Mg di dalam bagian-bagian vegetatif dapat dikatakan rendah daripada kadar Ca, akan tetapi di dalam bagian generatif malah sebaliknya. Mg banyak terdapat dalam buah dan juga di dalam tanah.

#### 8) Kadar Unsur K Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

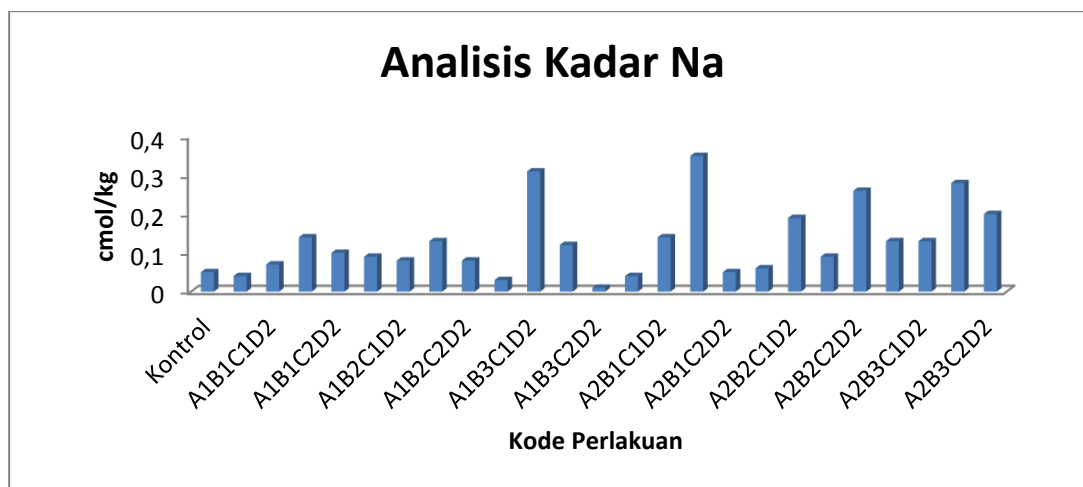
Hasil analisis unsur K memperlihatkan kenaikan pada perlakuan sebesar rata-rata 50% dibandingkan kontrol, yakni sebesar rata-rata 0,16 cmol/kg, sedangkan kontrol sebesar 0,08 cmol/kg. Hasil tertinggi pada perlakuan gabungan A1B3C2D1, yakni sebesar 0,46 cmol/kg.



**Grafik 32 Gambar Hasil Analisis Kadar K Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

### 9) Hasil Analisis Kadar Unsur Na Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

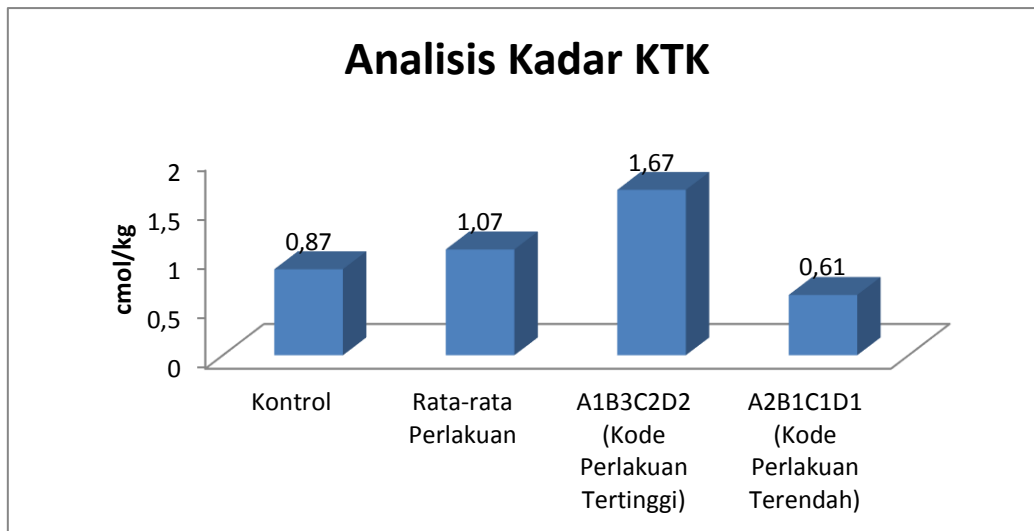
Hasil analisis unsur Na memperlihatkan kenaikan pada perlakuan sebesar rata-rata 55% dibandingkan kontrol, yakni sebesar rata-rata 0,13 cmol/kg, sedangkan kontrol sebesar 0,02 cmol/kg. Hasil tertinggi pada perlakuan gabungan A2B1C2D1, yakni sebesar 0,35 cmol/kg.



**Grafik 33 Gambar Hasil Analisis Kadar Na Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah**

### 10) Hasil Analisis Kadar KTK Pada Tanah dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah

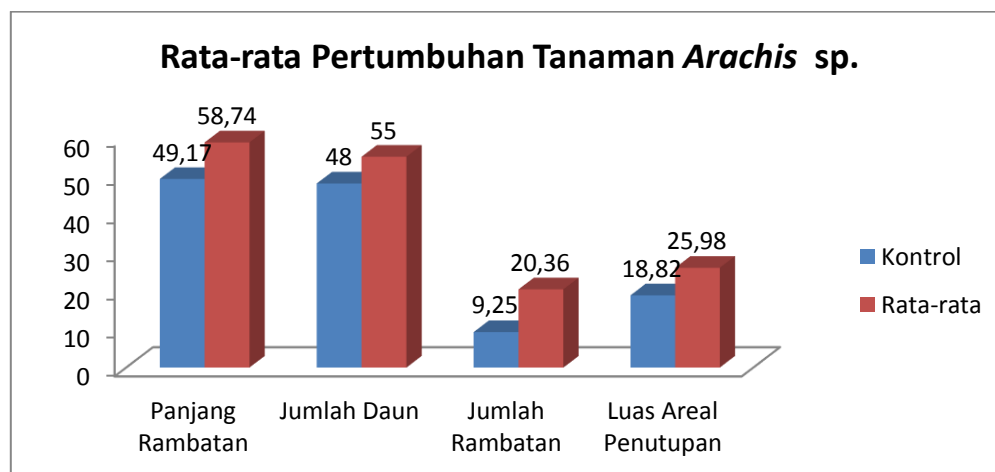
Hasil analisis KTK memperlihatkan kenaikan pada perlakuan sebesar rata-rata 48,61% dibandingkan kontrol, yakni sebesar rata-rata 1,07 cmol/kg, sedangkan kontrol sebesar 0,72 cmol/kg. Hasil tertinggi pada perlakuan gabungan A2B1C2D2, yakni sebesar 1,67 cmol/kg.



**Grafik 34 Gambar Hasil Analisis Kadar KTK Pada Tanah Dari Areal Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah.**

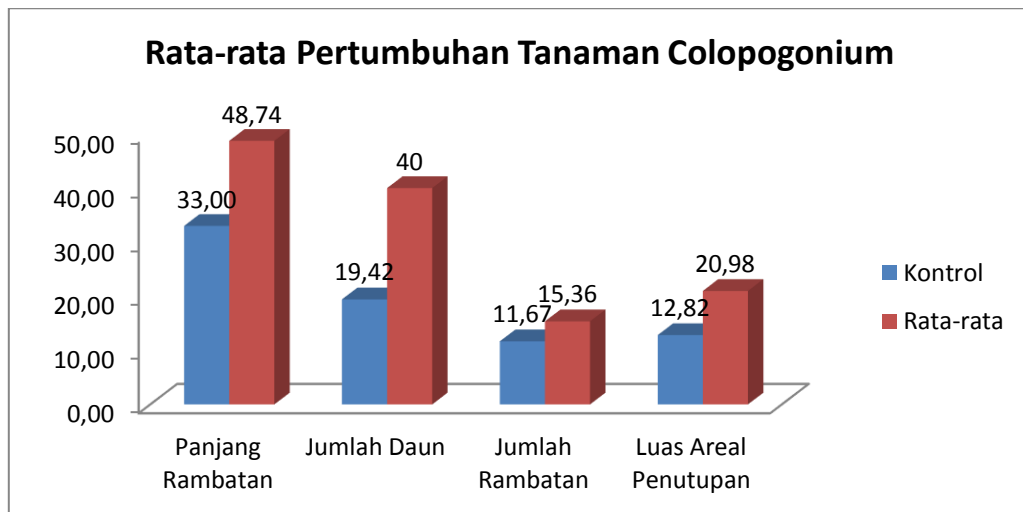
### 5.2.3 Perbaikan Kondisi Biologis Tanah Data Tanaman Penutup

Pertumbuhan tanaman penutup *Arachis* sp. yang diukur dari panjang rambatan, jumlah daun, jumlah rambatan, dan luas penutupan areal menunjukkan rata-rata peningkatan pertumbuhan dibandingkan kontrol. Kenaikan pertumbuhan *Arachis* sp. sebesar rata-rata 72,75 % dibandingkan kontrol. Rata – rata pertumbuhan tanaman pada *Arachis* dapat dilihat pada grafik di bawah ini:



**Gambar 35 Grafik Rata-rata Pertumbuhan Tanaman *Arachis* sp.**

Rata – rata pertumbuhan tanaman pada *Colopogonium* sp. dapat dilihat pada grafik di bawah ini :



**Gambar Grafik 36 Rata-rata Pertumbuhan Tanaman *Colopogonium* sp.**

Kesuburan tanaman penutup merupakan salah satu indikasi nilai kesuburan tanah. Perlakuan reklamasi terpadu telah secara signifikan telah menaikkan tingkat kesuburan tanaman *Arachis* sp. sebesar 72,75 %, dan pada *Colopogonium* sp. sebesar 86,75 %.

### **5.3 Rekomendasi Teknologi Reklamasi Terpadu yang Efektif untuk Lahan Pasca Penambangan Emas**

Perlakuan reklamasi terpadu yang merupakan perpaduan bioremediasi, biofertilisasi, penambahan bahan organik, dan dikombinasikan dengan tanaman penutup, memberikan dampak berupa perbaikan kondisi fisik, kimiawi, dan biologis yang lebih baik pada lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah.

Bahan bioremediasi berupa konsorsium isolat bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Klebsiella* sp. dipadukan dengan tumbuhan fitoremediasi merkuri berupa tumbuhan *Melastoma* sp. memberikan dampak berkurangnya kadar Hg pada tanah pasir pasca penambangan emas. Hasil analisis data memperlihatkan bahwa perbaikan kondisi lahan pasca penambangan emas ditinjau dari aspek fisik, kimiawi, dan biologis tanah pada perlakuan bioremediasi menggunakan isolat bakteri dipadukan dengan fitoremediasi, lebih baik dibandingkan dengan bioremediasi tanpa fitoremediasi.

Bahan untuk biofertilisasi berupa: air kelapa, limbah sawit, dan bokashi. Ketiga jenis bahan ini dipilih berdasarkan kandungan bahan organik dan potensi unsur hara, yang terdapat pada ketiga jenis bahan tersebut. Hasil analisis data memperlihatkan bahwa perlakuan biofertilisasi menggunakan bokashi, yang terdiri dari campuran tumbuhan hijau, kotoran ternak, dedak, dan komponen mikroorganisme, lebih baik dibandingkan dengan perlakuan air kelapa ataupun limbah sawit.

Bahan reklamasi terpadu untuk perlakuan media tambahan berupa seresah, dan biocar. Hasil analisis data memperlihatkan bahwa perbaikan kondisi tanah pada lahan pasca penambangan emas, menggunakan seresah lebih baik dibandingkan dengan biocar, ditinjau dari aspek fisik, kimiawi, maupun biologis tanah.

Bahan reklamasi terpadu untuk perlakuan tanaman penutup, yakni berupa *Arachis* sp. dan *Colopogonium* sp. Berdasarkan hasil analisis data, kedua jenis tanaman penutup tersebut memberikan hasil yang kurang lebih sama untuk perbaikan kondisi tanah pasca penambangan emas, ditinjau dari aspek fisik, kimiawi dan biologis tanah.

Kesimpulan: formula reklamasi terpadu yang memberikan hasil terbaik pada aspek fisik, kimiawi, dan biologis, lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, adalah: perpaduan antara perlakuan 1) bioremediasi dan fitoremediasi, 2) bokashi, 3) seresah, dan 4) tanaman penutup *Colopogonium* sp.

## **BAB 6. KESIMPULAN DAN SARAN**

#### A. Kesimpulan:

1. Lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah mengalami kerusakan ditinjau dari aspek fisik, kimiawi, dan biologis. Kerusakan aspek fisik, ditandai dengan hilangnya lapisan topsoil tanah, dan didominasi tanah pasir rata-rata 97%. Kerusakan dari aspek kimiawi, ditandai dengan minimnya unsur hara tanah, minimnya bahan organik tanah, tingkat kemasaman tanah rata-rata pH 5, sebagian tanah masih tercemar Hg dengan kadar tertinggi 4,7 ppm. Kerusakan tanah dari aspek biologis, tampak dari minimnya vegetasi, jumlah species tumbuhan yang mampu hidup setelah kegiatan penambangan emas hanya berjumlah 6 species, yang didominasi dari golongan rumput-rumputan. Tidak ada tanaman produktif yang mampu tumbuh di atasnya.
2. Metode reklamasi terpadu, mampu memperbaiki kondisi tanah, ditinjau dari aspek fisik, kimiawi, dan biologis. Perbaikan aspek fisik tanah, tampak dari berkurangnya komposisi pasir dari 97% menjadi rata-rata 82%, diikuti kenaikan fraksi debu, dan liat. Terjadi peningkatan unsur hara sebesar rata-rata 82%, penurunan kadar Hg tanah sebesar 2 kali lipat konsentrasi awal, menjadi rata-rata 1,79 ppm, hingga terendah 0,87 ppm. Perbaikan aspek biologis, ditandai dengan tumbuh suburnya tanaman penutup, hingga 5 kali lipat lebih subur dibandingkan dengan kontrol.
3. Formula reklamasi terpadu yang memberikan hasil terbaik pada aspek fisik, kimiawi, dan biologis tanah pada lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah, adalah: penggabungan antara perlakuan 1) bioremediasi, 2) bokashi, 3) seresah, dan 4) tanaman penutup *Colopogonium* sp.

#### B. Saran

1. Masih dibutuhkan uji lapang pada lahan pasca penambangan emas, untuk memastikan potensi formula reklamasi terpadu dalam meningkatkan kualitas tanah.
2. Masih dibutuhkan penelitian lebih lanjut, untuk pengembangan formula reklamasi terpadu dalam bentuk kemasan yang efektif, efisien, dan mudah diaplikasikan oleh masyarakat.



## DAFTAR PUSTAKA

- APHA, 1988. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Ed.20.3111 B.USA: American Public Health Association. APHA Washington DC.
- Argonne, 2007. *Phytoremediation of Soil and Groundwater*. Environmental Science Division. A.U.S. Department of Energy Laboratory. Chicago Argonne.LLC. <http://www.evs.anl.gov> (diakses tanggal 28 Oktober 2008).
- Balai Penelitian Tanah, 2005. *Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk*. Bogor.
- Colome, J., A.M. Kubinski, R. J. Cano, D. V. Grady. 1986. *Laboratory Exercises in Microbiology*. West Publ. Co. San Francisco.
- Debby, 2009. Biochar: A Carbon-Negative Technology to Combat Climate Change and Enhance Global Soil Resources.
- EPA, 2005. *A Citizen's Guide to Phytoremediation*. <http://www.cluin.org> or <http://www.epa.gov> (diakses tanggal 28 Oktober 2008).
- Hidayati, N. 2005. *Fitoremediasi dan Potensi Tumbuhan Hiperakumulator*. Journal of Biosciences. Vol. 12.No. 1.
- Hofman & Anne. 2006. *Phytoremediation Rhyzoremediation*. Diakses dari <http://www.engg.ksu.edu>
- Moore, C. J., 2000. *A Review of Mercury in The Environment: Its Occurrence in Marine Fish*. South Carolina Department of Natural Resources.
- Neneng, L. 2007. *Memperkenalkan Bahaya dan Cara Penanggulangan Limbah Air Raksa Menggunakan Metode Bioremediasi dalam Bioreaktor Sederhana Bagi Penambang Emas di DAS Kahayan*. Makalah. Disampaikan dalam Kegiatan Sosialisasi Hasil Penelitian Bekerjasama dengan Balitbangda Prop. Kalteng, di Kuala Kurun, Tanggal 25 Juli 2007.
- Neneng, L. 2007. Pengaruh Kondisi Lingkungan Terhadap Efektivitas Bioremediasi Merkuri oleh Isolat Bakteri dan Sosialisasi Aplikasinya dalam Bioreaktor Sederhana kepada Penambang Emas di DAS Kahayan Kalimantan Tengah. Disertasi. Tidak dipublikasikan. PPS: Universitas Negeri Malang.
- Neneng, L. 2008. Eksplorasi Isolat Bakteri Potensial untuk Bioremediasi Merkuri (Hg) dari Areal Penambangan Emas di Sungai Kahayan Kalimantan Tengah. Jurnal Agritek. Vol. 16.Hal. 189 – 194.
- Neneng, L. 2009. Eksplorasi Eksplorasi Mikroorganisme Rhizosfer Potensial untuk Bioremediasi Lahan Tercemar Merkuri (Hg) pada Areal Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, 2009, Ketua).
- Neneng, L. 2011. Aplikasi konsorsium mikroorganisme dan Tumbuhan Fitoremediator Merkuri (Hg) untuk Reklamasi Lahan Pasca Penambangan Emas di Kalimantan Tengah (Hibah Penelitian Strategis Nasional, 2010-2011. Ketua)
- Portier, R.J., 1991. Application of Adapted Microorganisms for Site Remediation of Contaminated Soil and Ground Water. Dalam A.M. Martin (Ed.), *Biological Degradation of Wastes* (hlm. 247-259). London: Elsevier Applied Science.
- SBIR Success Stories. 2006. *Phytoremediation of Arsenic-Contaminated Soils*. Edenspace system Corporation. <http://www.edenspace.com> (diakses tanggal 28 Oktober 2008).
- Suhendrayatna, 2001. *Bioremoval Logam Berat dengan Menggunakan Mikroorganisme: suatu Kajian Kepustakaan*. Makalah disajikan dalam Seminar

- on-Air Bioteknologi untuk Indonesia Abad 21, Kerjasama antara Sinergy Forum dan PPI Tokyo Institute of Technology. 1-14 Februari.
- Wagner- Döbler, I., H.V. Canstein, Y. Li., K.N. Timmis, & W.D. Deckwer. 2000. Removal of Mercury from Chemical Wastewater by Microorganisms in Technical Scale. *J. Environ. Sci. Technol.* 34(21):4628-4634.
- Wagner- Döbler, I., H.V. Canstein, Y. Li., K.N. Timmis, & W.D. Deckwer. 2000. *Removal of Mercury from Chemical Wastewater by Microorganisms in Technical Scale. J. Environ. Sci. Technol.* 34(21):4628-4634.
- Waite, S. 2000. *Statistical Ecology in Practice: A Guide to Analysing Environmental and Ecological Field Data*. Prentice Hall.

# LAMPIRAN

### Lampiran 1. Personil Pelaksana Kegiatan Riset

No	Nama	Gelar	Jenis Kelamin	Unit Kerja	Bidang Keahlian	Tugas dalam Penelitian	Alokasi Waktu
1.	Liswara Neneng	Dr., M.Si., S.Pd.	Wanita	Biologi S2 Unpar	Mikrobiologi	Koordinator Kegiatan, Merancang Bioremediasi	20 jam/mg
2.	Dewi Saraswati	M.P., S.P.	Wanita	Pertanian Unpar	Budidaya Pertanian	Merancang Biofertilisasi	20 jam/mg
3.	Yusinta Tanduh	M.P., Ir.	Wanita	Kehutanan Unpar	Konservasi Tanah dan Air	Merancang Revegetasi Tanaman Penutup	20 jam/mg
4.	M. Shaleh Mohtar	Dr., MP.	Pria	BPTP Kalteng	Perkebunan	Merancang Revegetasi Tanaman Budidaya	20 jam/mg
5..	Doddy	S.Pd.	Pria	Biologi Unpar	Biologi	Mengambil data	8 jam/mg
6.	Wirawan Arif	S.Pd.	Pria	Biologi Unpar	Biologi	Mengambil data	8 jam/mg
7..	Rahmawati	S.Pd.	Wanita	Biologi S2 Unpar	Biologi	Laboran	

## Lampiran 2. Jadwal Kegiatan

NO.	URAIAN	BULAN									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1.	Survey dan pengambilan data dari lokasi-lokasi tambang emas di 8 Kabupaten di Kalimantan Tengah										
2.	Analisis data tentang kondisi fisik, kimiawi, dan biologis lahan pasca tambang emas di Kalimantan Tengah										
3.	Pembuatan peta lokasi tambang emas di Kalimantan Tengah										
4.	Analisis dan laporan kajian tingkat kerusakan lahan pasca tambang emas dan prospek pengembangannya untuk lahan perkebunan										
5.	Persiapan alat dan bahan untuk uji reklamasi terpadu di laboratorium, yang meliputi: pengambilan sampel tanah dari lahan pasca tambang emas, persiapan isolat untuk bioremediasi, pengumpulan tumbuhan fitoremediator, persiapan bahan untuk biofertilisasi, dan bibit tanaman berupa tanaman penutup.										
6.	Pelaksanaan uji reklamasi terpadu berupa: persiapan tanah dalam kantong polibag, pemberian perlakuan, pengamatan, dan pengambilan data										
7.	Analisis data di laboratorium tanah IPB dan lab. Untuk uji unsur hara										
8.	Pengolahan data dan pembuatan laporan										
9.	Presentasi data (seminar)										
10.	Penggandaan laporan dan pengiriman										

### **Lampiran 3. Profil Mitra Lembaga/ Anggota Konsorsium**

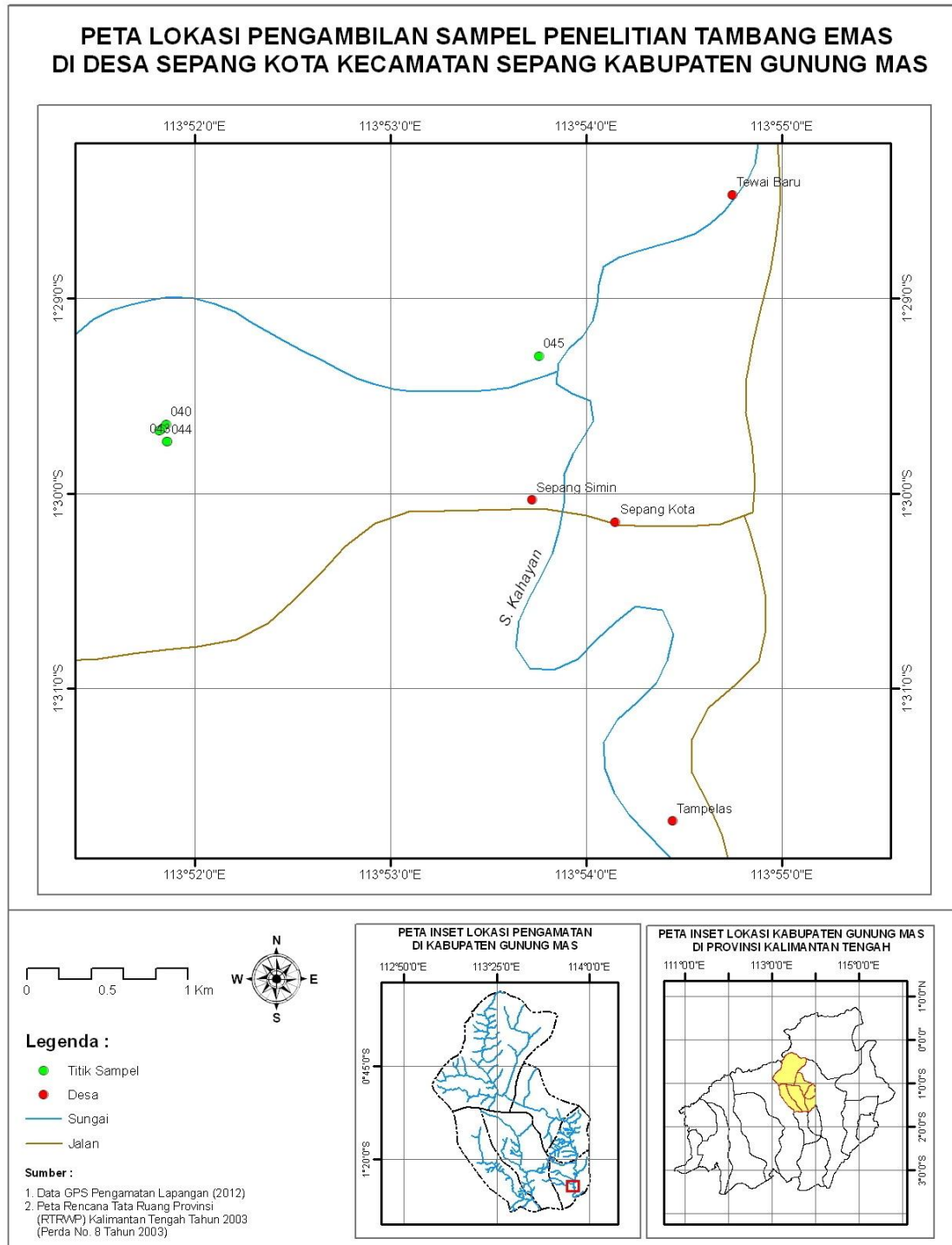
Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kalimantan Tengah merupakan salah satu unit pelaksana teknis Badan Litbang Pertanian yang wilayah kerjanya di Propinsi Kalimantan Tengah. Balai ini pertama kali didirikan tahun 1994 dengan nama BPTP Palangka Raya (SK Menteri Pertanian No. 798/Kpts/OT.210/1994 tanggal 13 Desember 1994). Kemudian Organisasi dan Tata Kerja BPTP diatur berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian No.16/Permentan/OT.140/3/2006 tanggal 1 Maret 2006. BPTP Kalimantan Tengah berada di bawah dan bertanggung jawab kepala Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian (BBP2TP).

Visi dari BPTP Kalimantan Tengah yakni menjadi Lembaga yang handal dalam penyediaan dan Diseminasi Inovasi Pertanian sesuai Kebutuhan Pengguna di Kalimantan Tengah. Misi melaksanakan penelitian, pengkajian dan perakitan teknologi pertanian tepat guna spesifik lokasi; melaksanakan pengembangan teknologi dan diseminasi hasil pengkajian, perakitan materi penyuluhan, pelayanan informasi dan penjangkaran umpan balik; membangun dan memperkuat kerjasama dengan stakeholder dalam pendayagunaan hasil pengkajian dan pengembangan inovasi pertanian tepat guna spesifik lokasi; dan mengembangkan kapasitas lembaga sumber daya manusia BPTP Kalimantan Tengah.

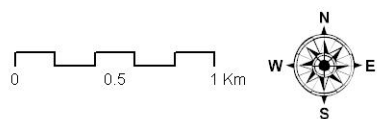
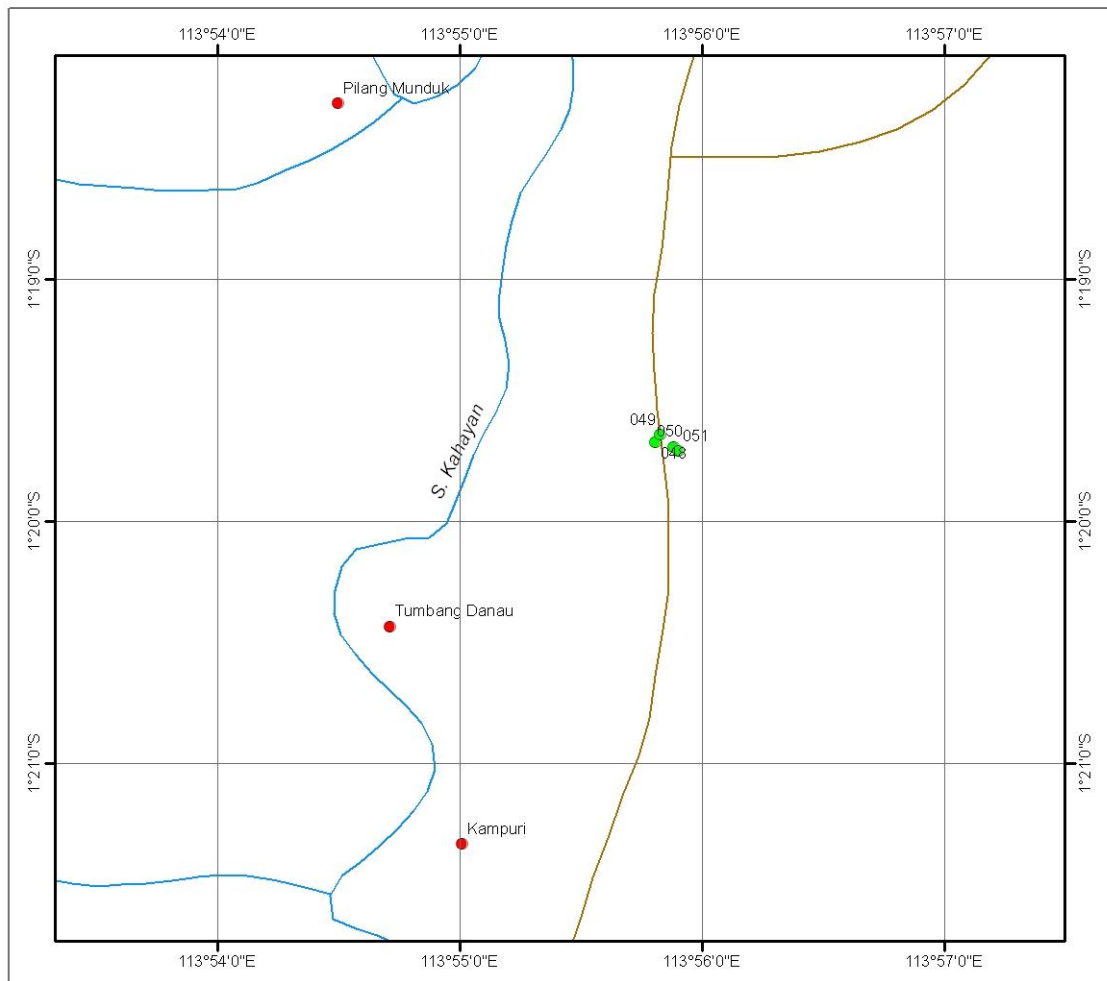
Tugas pokok BPTP Kalimantan Tengah melaksanakan Pengkajian, Perakitan dan Pengembangan Teknologi Pertanian Tepat Guna Spesifik Lokasi. Fungsi BPTP antara lain pelaksanaan Inventarisasi dan identifikasi kebutuhan tepat guna spesifik lokasi; penelitian, pengkajian dan perakitan teknologi pertanian tepat guna spesifik lokasi dan pelaksanaan pengembangan dan diseminasi hasil pengkajian serta perakitan penyuluhan dan pelayanan teknik kegiatan pengkajian.

#### Lampiran 4. Peta Lokasi Lahan Pasca Tambang Emas di Kalimantan Tengah

Gambar berikut ini merupakan peta yang memperlihatkan lokasi lahan pasca penambangan emas di Kalimantan Tengah.



## PETA LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL PENELITIAN TAMBANG EMAS DI DESA KAMPURI KECAMATAN SEPANG KABUPATEN GUNUNG MAS

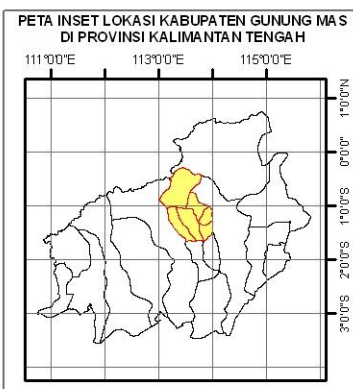
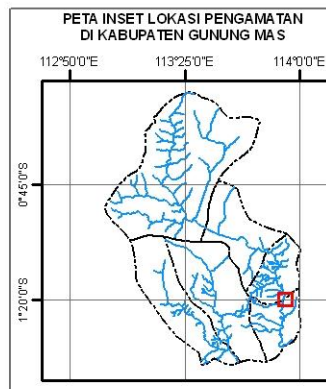


### Legenda :

- Titik Sampel
- Desa
- Sungai
- Jalan

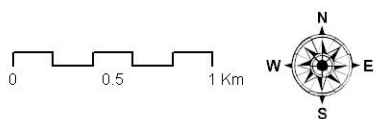
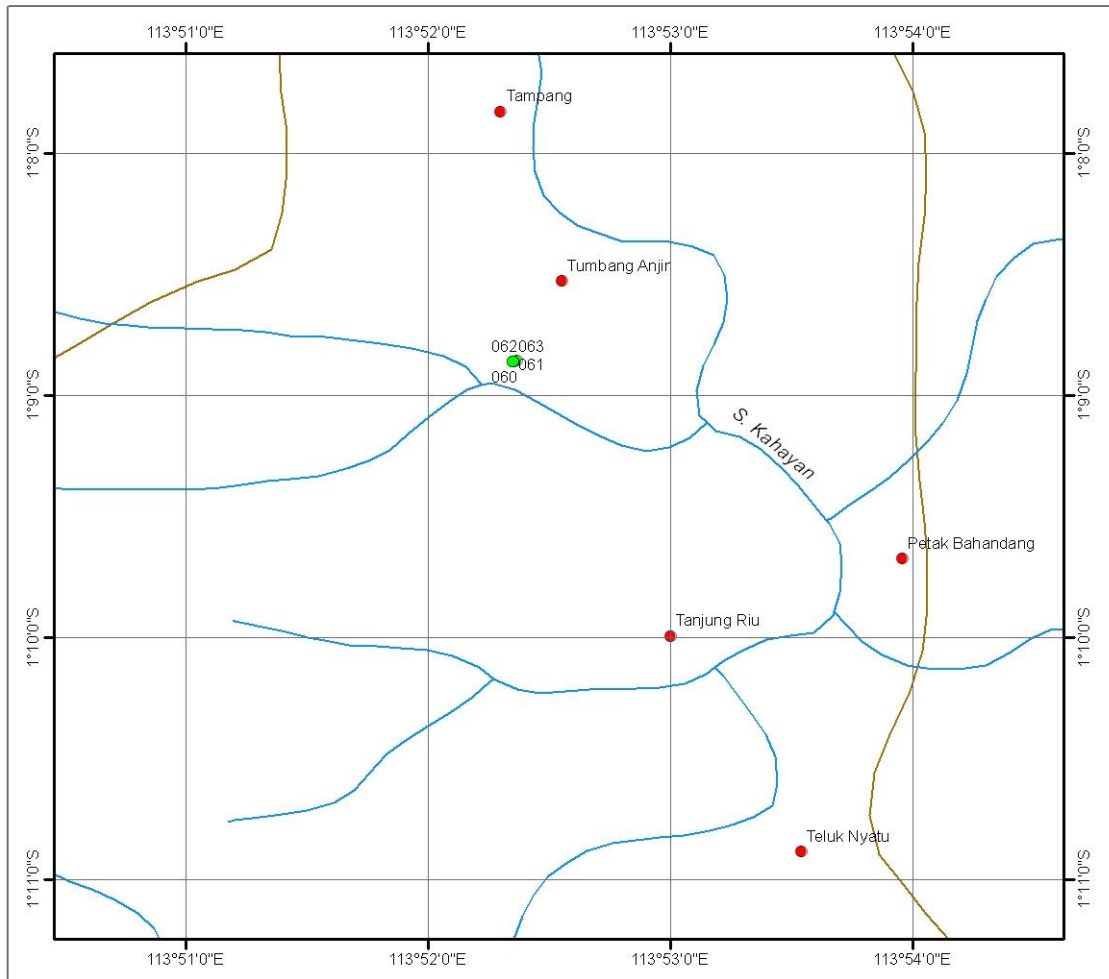
### Sumber :

1. Data GPS Pengamatan Lapangan (2012)
2. Peta Rencana Tata Ruang Provinsi (RTRVP) Kalimantan Tengah Tahun 2003 (Perda No. 8 Tahun 2003)





## PETA LOKASI PENGAMBILAN SAMPEL PENELITIAN TAMBANG EMAS DI DESA TANJUNG RIU KECAMATAN KURUN KABUPATEN GUNUNG MAS

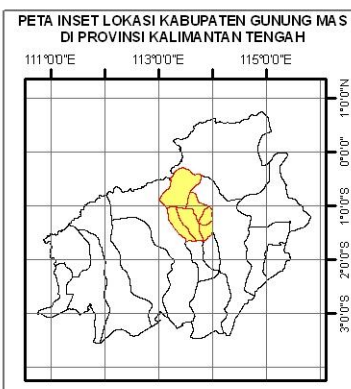
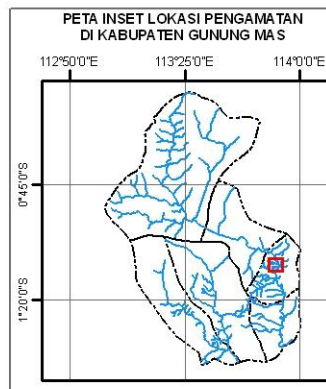


### Legenda :

- Titik Sampel
- Desa
- Sungai
- Jalan

### Sumber :

1. Data GPS Pengamatan Lapangan (2012)
2. Peta Rencana Tata Ruang Provinsi (RTRVP) Kalimantan Tengah Tahun 2003 (Perda No. 8 Tahun 2003)



## Lampiran 5 Dokumentasi Kegiatan



Gambar 1. Kondisi Pemukiman pekerja Tambang



Gambar 2. Kondisi Kerusakan lahan pasca tambang emas





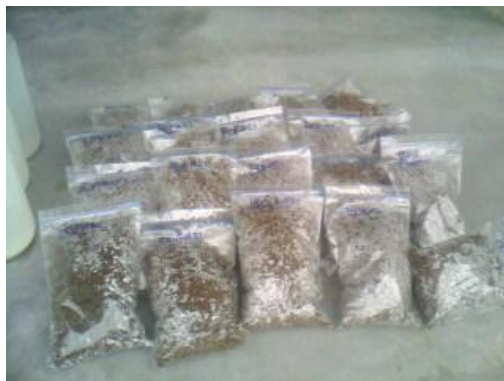
**Gambar 3. Pengamatan dan pengambilan sampel di lapangan**



**Gambar 4. Beberapa jenis vegetasi yang tumbuh di lapangan**



**Gambar 5. Pembuatan bokashi**



Gambar 5. Bokashi yang sudah siap digunakan



Gambar 6. Persiapan *Colopogonium* yang akan digunakan sebagai serasah



Gambar 7. Bibit *Arachis* yang digunakan sebagai tanaman penutup tanah



Gambar 8. Isolat yang digunakan



Gambar 9. Biochar yang sudah siap digunakan pada penelitian



Gambar 10. Persiapan pengisian polybag dengan pasir dari lahan pasca tambang emas dan pemberian perlakuan





Gambar 11. Polybag yang diisi media tanam sebelum diberi perlakuan dan sesudah diberi perlakuan



Gambar 12. Kondisi pertumbuhan tanaman penutup tanah di Bedeng Penelitian



Gambar 13. Pertumbuhan tanaman *Arachis* sp (A) dan *Colopogonium* sp (B)

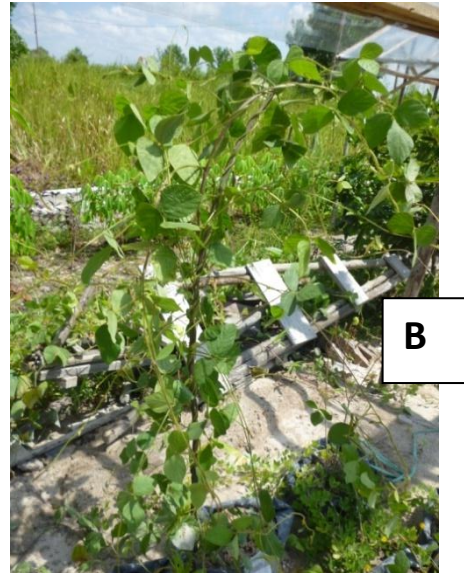


Plot diberi perlakuan

Plot Kontrol

Gambar 14. Pertumbuhan tanaman *Arachis* sp pada plot control dan plot yang diberi perlakuan





Gambar 14. Kondisi tanaman penutup tanah *Colopogonium sp*  
 Pada plot kontrol (A) dan plot yang diberi perlekuan (B)



Gambar 15. Vegetasi lain yang tumbuh diantara tanaman penutup tanah



## Lampiran 6. Data Mentah

### Hasil Analisa Kadar Air

Lokasi Tambang	1	2	3
Hampalit	25.3	19.5	22.5
Kampuri	12.5	3.4	36.6
Rangit	9.7	8.4	22.3
Sepang Simin	6.2	32.1	9.8
Sapundu	29.6	31.9	18.8
Tanjung Riu	17.9	11.9	15.9

### Hasil Analisa BD (g/cc)

Lokasi Tambang	1	2	3
Hampalit	1.53	1.49	1.56
Kampuri	1.66	1.52	1.33
Rangit	1.46	1.42	1.35
Sepang Simin	1.41	1.35	1.39
Sapundu	1.35	1.63	1.43
Tanjung Riu	1.45	1.44	1.43

### Hasil Analisa PD (g/cc)

Lokasi Tambang	1	2	3
Hampalit	2.57	2.63	2.63
Kampuri	2.55	2.62	2.17
Rangit	2.56	2.62	2.61
Sepang Simin	2.64	2.58	2.64
Sapundu	2.53	2.66	2.61
Tanjung Riu	2.47	2.32	2.63

### Hasil Analisa Ruang Pori Total

Lokasi Tambang	1	2	3
Hampalit	40.4	43.3	40.7
Kampuri	34.6	42.2	38.9
Rangit	42.8	45.9	48.3
Sepang Simin	46.5	47.6	47.3
Sapundu	46.5	38.9	45.1
Tanjung Riu	41.4	37.9	45.4

Lokasi Tambang		1	2	3
Hampalit	pF1	18.9	37.7	38
	pf2	8.1	9.2	10.6
	pf 2.54	3.8	3.7	5.5
	pF 4.2	2.8	0.9	1.3
Kampuri	pF1	40.1	40.8	36.6
	pf2	10.6	8	30.3
	pf 2.54	5.5	3.4	25.5
	pF 4.2	1	0.9	10
Rangit	pF1	39.4	33.2	19.4
	pf2	10	8.1	13
	pf 2.54	4.8	3.2	8.6
	pF 4.2	3.6	1.7	3
Sepang Simin	pF1	34.5	38.2	37.4
	pf2	8.7	6.5	7.9
	pf 2.54	3.8	1.6	3.1
	pF 4.2	2.3	0.5	1.4
Sapundu	pF1	40.8	35.7	37.7
	pf2	36.7	11.1	9.2
	pf 2.54	32.1	6.4	3.8
	pF 4.2	13	1	2.3
Tanjung Riu	pF1	33.1	19.3	11.8
	pf2	9.6	13.6	6
	pf 2.54	4.2	2	1.2
	pF 4.2	2.7	18.6	33.6

#### Hasil Analisa Pori Drainase

Lokasi Tambang		1	2	3
Hampalit	Cepat	32.4	34.2	30
	Lambat	4.3	5.5	5.2
Kampuri	Cepat	24	34.2	8.6
	Lambat	5.1	4.6	4.9
Rangit	Cepat	32.8	37.9	35.2
	Lambat	5.2	4.9	4.4
Sepang Simin	Cepat	37.8	41.1	39.3
	Lambat	4.9	4.9	4.8
Sapundu	Cepat	9.8	27.8	35.9
	Lambat	4.7	4.7	5.3
Tanjung Riu	Cepat	31.8	18.6	33.6
	Lambat	5.4	5.7	5.8

### Hasil Analisa Air Tersedia

Lokasi Tambang	Lokasi 1	2	3
Hampalit	1	2.8	4.2
Kampuri	4.5	2.5	15.5
Rangit	1.2	1.5	5.6
Sepang Simin	1.5	1.1	1.7
Sapundu	19	5.4	1.5
Tanjung Riu	1.5	11.5	4.8

### Hasil Analisa Permeabilitas

Lokasi Tambang	1	2	3
Hampalit	19.5	49.5	101
Kampuri	101.1	53.5	15.8
Rangit	116.3	62.3	41.7
Sepang Simin	205.6	106.7	206.6
Sapundu	16.6	73.3	59.2
Tanjung Riu	41.4	84.3	34.5

		1	2	3
Hampalit	Pasir Kasar	82.8	81.9	84.2
	Pasir Halus	3.2	6.3	0.6
	Debu	6.4	3.8	3.4
	Liat	7.6	8	11.8
Kampuri	Pasir Kasar	86.1	62.2	69.3
	Pasir Halus	4.7	4.9	2.5
	Debu	4.1	4	14.6
	Liat	5.1	28.8	13.6
Rangit	Pasir Kasar	81.9	85.6	76.7
	Pasir Halus	4.7	4.8	14.1
	Debu	3.8	3.8	0.3
	Liat	9.6	5.8	8.9
Sepang Simin	Pasir Kasar	89.1	83.6	87.7
	Pasir Halus	1.8	5.8	2.4
	Debu	3.8	4.8	4.7
	Liat	5.3	5.8	5.2
Sapundu	Pasir Kasar	65.4	83.8	82.2
	Pasir Halus	12.3	6.6	10.4
	Debu	15	3.3	0.6
	Liat	7.3	6.3	6.8

Tanjung Riu	Pasir Kasar	87.2	82.2	88.6
	Pasir Halus	4.6	5.5	5.7
	Debu	1	3.5	1.2
	Liat	7.2	8.8	4.5

### Hasil Analisa Kadar Merkuri (Hg) Pada Lokasi Pasca Tambang

Lokasi Tambang		Kadar Merkuri (Hg) (ppm)
Tanjung Riu	1	1.45
	2	1.71
Kampuri	1	2.86
	2	2.68
Sepang Simin	1	0.78
	2	1.15
Hampalit	1	4.73
	2	4.64
Takaran	1	1.3
	2	1.58
Sapundu	1	3.21
	2	2.96

Kode Perlakuan				Rata-rata Panjang Rambatan
K1		K1 (U)		
KA1		KA1 (U)		
KA2		KA2 (U)		
KB1		KB1 (U)		
KB2		KB2 (U)		
KB3		KB3 (U)		
KC1		KC1 (U)		
KC2		KC2 (U)		
KD1	70	KD1 (U)	68	69
KD2	63	KD2 (U)	68	65.5
A1B1C1D1	89	A1B1C1D1 (U)	66	77.5
A1B1C1D2	84	A1B1C1D2 (U)	78	81
A1B1C2D1	87	A1B1C2D1 (U)	74	80.5
A1B1C2D2	91	A1B1C2D2 (U)	87	89
A1B2C1D1	92	A1B2C1D1 (U)	94	93
A1B2C1D2	94	A1B2C1D2 (U)	94	94
A1B2C2D1	87	A1B2C2D1 (U)	89	88
A1B2C2D2	84	A1B2C2D2 (U)	86	85
A1B3C1D1	111	A1B3C1D1 (U)	104	107.5

A1B3C1D2	87	A1B3C1D2 (U)	89	88
A1B3C2D1	94	A1B3C2D1 (U)	87	90.5
A1B3C2D2	84	A1B3C2D2 (U)	87	85.5
A2B1C1D1	87	A2B1C1D1 (U)	87	87
A2B1C1D2	98	A2B1C1D2 (U)	100	99
A2B1C2D1	86	A2B1C2D1 (U)	88	87
A2B1C2D2	84	A2B1C2D2 (U)	86	85
A2B2C1D1	75	A2B2C1D1 (U)	87	81
A2B2C1D2	84	A2B2C1D2 (U)	86	85
A2B2C2D1	87	A2B2C2D1 (U)	89	88
A2B2C2D2	86	A2B2C2D2 (U)	88	87
A2B3C1D1	87	A2B3C1D1 (U)	89	88
A2B3C1D2	91	A2B3C1D2 (U)	93	92
A2B3C2D1	84	A2B3C2D1 (U)	78	81
A2B3C2D2	84	A2B3C2D2 (U)	79	81.5

Kode Perlakuan				Rata-rata Jumlah Daun
K1		K1 (U)		
KA1		KA1 (U)		
KA2		KA2 (U)		
KB1		KB1 (U)		
KB2		KB2 (U)		
KB3		KB3 (U)		
KC1		KC1 (U)		
KC2		KC2 (U)		
KD1	80	KD1 (U)	76	78
KD2	35	KD2 (U)	30	32.5
A1B1C1D1	108	A1B1C1D1 (U)	106	107
A1B1C1D2	63	A1B1C1D2 (U)	57	60
A1B1C2D1	108	A1B1C2D1 (U)	106	107
A1B1C2D2	60	A1B1C2D2 (U)	57	58.5
A1B2C1D1	110	A1B2C1D1 (U)	106	108
A1B2C1D2	63	A1B2C1D2 (U)	60	61.5
A1B2C2D1	112	A1B2C2D1 (U)	108	110
A1B2C2D2	57	A1B2C2D2 (U)	55	56
A1B3C1D1	124	A1B3C1D1 (U)	120	122
A1B3C1D2	63	A1B3C1D2 (U)	60	61.5
A1B3C2D1	112	A1B3C2D1 (U)	108	110
A1B3C2D2	60	A1B3C2D2 (U)	57	58.5
A2B1C1D1	106	A2B1C1D1 (U)	102	104
A2B1C1D2	70	A2B1C1D2 (U)	67	68.5

A2B1C2D1	108	A2B1C2D1 (U)	104	106
A2B1C2D2	63	A2B1C2D2 (U)	57	60
A2B2C1D1	110	A2B2C1D1 (U)	106	108
A2B2C1D2	60	A2B2C1D2 (U)	57	58.5
A2B2C2D1	106	A2B2C2D1 (U)	102	104
A2B2C2D2	63	A2B2C2D2 (U)	60	61.5
A2B3C1D1	106	A2B3C1D1 (U)	102	104
A2B3C1D2	63	A2B3C1D2 (U)	58	60.5
A2B3C2D1	108	A2B3C2D1 (U)	104	106
A2B3C2D2	63	A2B3C2D2 (U)	60	61.5

Kode Perlakuan				Rata-rata Jumlah Rambatan
K1		K1 (U)		
KA1		KA1 (U)		
KA2		KA2 (U)		
KB1		KB1 (U)		
KB2		KB2 (U)		
KB3		KB3 (U)		
KC1		KC1 (U)		
KC2		KC2 (U)		
KD1	16	KD1 (U)	19	17.5
KD2	21	KD2 (U)	23	22
A1B1C1D1	51	A1B1C1D1 (U)	52	51.5
A1B1C1D2	52	A1B1C1D2 (U)	55	53.5
A1B1C2D1	51	A1B1C2D1 (U)	54	52.5
A1B1C2D2	53	A1B1C2D2 (U)	53	53
A1B2C1D1	51	A1B2C1D1 (U)	50	50.5
A1B2C1D2	51	A1B2C1D2 (U)	50	50.5
A1B2C2D1	51	A1B2C2D1 (U)	50	50.5
A1B2C2D2	53	A1B2C2D2 (U)	52	52.5
A1B3C1D1	62	A1B3C1D1 (U)	61	61.5
A1B3C1D2	51	A1B3C1D2 (U)	50	50.5
A1B3C2D1	51	A1B3C2D1 (U)	50	50.5
A1B3C2D2	53	A1B3C2D2 (U)	52	52.5
A2B1C1D1	51	A2B1C1D1 (U)	50	50.5
A2B1C1D2	59	A2B1C1D2 (U)	58	58.5
A2B1C2D1	50	A2B1C2D1 (U)	50	50
A2B1C2D2	51	A2B1C2D2 (U)	50	50.5
A2B2C1D1	51	A2B2C1D1 (U)	50	50.5
A2B2C1D2	53	A2B2C1D2 (U)	52	52.5
A2B2C2D1	51	A2B2C2D1 (U)	48	49.5

A2B2C2D2	52	A2B2C2D2 (U)	52	52
A2B3C1D1	51	A2B3C1D1 (U)	50	50.5
A2B3C1D2	51	A2B3C1D2 (U)	50	50.5
A2B3C2D1	51	A2B3C2D1 (U)	48	49.5
A2B3C2D2	51	A2B3C2D2 (U)	48	49.5

Kode Perlakuan				Rata-rata Luas areal Penutupan
K1		K1 (U)		
KA1		KA1 (U)		
KA2		KA2 (U)		
KB1		KB1 (U)		
KB2		KB2 (U)		
KB3		KB3 (U)		
KC1		KC1 (U)		
KC2		KC2 (U)		
KD1	27	KD1 (U)	30	28.5
KD2	22	KD2 (U)	24	23
A1B1C1D1	58	A1B1C1D1 (U)	56	57
A1B1C1D2	52	A1B1C1D2 (U)	54	53
A1B1C2D1	63	A1B1C2D1 (U)	62	62.5
A1B1C2D2	51	A1B1C2D2 (U)	53	52
A1B2C1D1	60	A1B2C1D1 (U)	62	61
A1B2C1D2	52	A1B2C1D2 (U)	54	53
A1B2C2D1	58	A1B2C2D1 (U)	60	59
A1B2C2D2	51	A1B2C2D2 (U)	53	52
A1B3C1D1	73	A1B3C1D1 (U)	75	74
A1B3C1D2	52	A1B3C1D2 (U)	54	53
A1B3C2D1	58	A1B3C2D1 (U)	60	59
A1B3C2D2	51	A1B3C2D2 (U)	63	57
A2B1C1D1	60	A2B1C1D1 (U)	62	61
A2B1C1D2	58	A2B1C1D2 (U)	60	59
A2B1C2D1	57	A2B1C2D1 (U)	60	58.5
A2B1C2D2	52	A2B1C2D2 (U)	54	53
A2B2C1D1	60	A2B2C1D1 (U)	62	61
A2B2C1D2	51	A2B2C1D2 (U)	53	52
A2B2C2D1	58	A2B2C2D1 (U)	61	59.5
A2B2C2D2	52	A2B2C2D2 (U)	54	53
A2B3C1D1	57	A2B3C1D1 (U)	59	58
A2B3C1D2	51	A2B3C1D2 (U)	53	52
A2B3C2D1	58	A2B3C2D1 (U)	60	59
A2B3C2D2	51	A2B3C2D2 (U)	53	52

# **LAPORAN AKHIR PENELITIAN**

**Insentif Riset SINas  
Nomor: RT-2012-1192**

**Pengembangan Metode Reklamasi Terpadu pada Lahan Pasca  
Tambang Emas untuk Budidaya Tanaman Perkebunan  
di Kalimantan Tengah**

**Bidang Prioritas Iptek:  
Teknologi Pangan**

**LEMBAGA PENELITIAN  
UNIVERSITAS PALANGKA RAYA  
KAMPUS UNPAR, TUNJUNG NYAHO PALANGKA RAYA  
JL. H. TIMANG, TELP./FAX. (0536)3223322  
15 OKTOBER 2012**



